

ÁGAZATOK ÉRZÉKENYSÉGE A KARBONKÖLTSÉGEK EMELKEDÉSÉRE

Csutora Mária – Dobos Imre

A cikk bemutatja, hogyan lehet az ágazatok karbonérzékenységét számszerűsíteni oly módon, hogy figyelembe vesszük az ellátási láncokban akkumulálódott széndioxid-emissziós, illetve karboninput (energia, műanyagok, stb.) költségeket. Az elemzés rávilágít, hogy nem azon ágazatok karbonérzékenysége a legmagasabb, amelyekre elsősorban gondolni szoktunk az éghajlatvédelmi szabályozás során. Az ellátási lánc végén szereplő, rosszabb piaci helyzetben levő ágazatok – pl. bútoripar, légi közlekedés – olykor lényegesen érzékenyebbek az energiaköltségek emelkedésére vagy a széndioxid emisszió szabályozására, mint a legközvetlenebbül érintett energiaipar.

Bevezetés

A vállalatok számára nagy jelentőséggel bír az energiafelhasználásból, a széndioxid-szabályozásból vagy a fosszilis karbonra épülő termékek (pl. vegyipari termékek, bitumen) áremelkedéséből származó költségek emelkedése. Mindezeket együtt karbon költségeknek nevezzük a következőkben, melybe beleértjük mind az inputoldalon, mind pedig az outputoldalon jelentkező költségeket.

Annak ellenére, hogy a fosszilis karbonhoz kapcsolódóan több oldalról is nyomás alatt állnak a vállalatok, egészen eddig nem készült olyan elemzés, amely a különböző címeken az ágazatokra nehezedő költségnyomásokat összegezte volna. Jelen cikk ebben a tekintetben kíván előrelépni. Az alkalmazott módszertan lehetőséget ad arra, hogy ne csak a vállalatok nehezedő közvetlen költségeket vegyük számításba, hanem az ellátási láncon keresztül az inputokban és félkész termékekben akkumulálódott karbon költségeket is.

A karbonköltségeket tehát mind az input- mind pedig az output oldalon összegezzük. Az inputoldali költségek közé tartoznak az energia-, üzemanyag- és nem energiként hasznosított karbon költségei, míg az output oldal elsősorban az éghajlatvédelmi szabályozással összefüggő széndioxid emissziós jogok árát és a széndioxid adókat foglalja magában.

Az energiaköltségek tendenciózan emelkednek hosszabb távon, még ha rövid távon jelentős fluktuációk tapasztalhatóak is az áralakulásban. Az input oldali nyomást a fosszilis energiahordozókhoz való hozzáférés, ezek költségének prognosztizált emelkedése képviseli. Az erőforrások természetes szűkössége és társadalmi-politikai tényezők, mint pl. adók és monopóliumok együttesen befolyásolják az árakat (Busch and Hoffmann, 2007). Az olajat és földgázt nemcsak energiaforrásként hasznosítjuk, hanem

alapanyagát adják számos vegyipari terméknek (pl. műanyagok), és befolyásolják a nem fosszilis energiahordozók, pl. a fa árát is. A fosszilis karbon költségei beépülnek a köztes termékekbe, a szállítás költségeibe és akumulálódnak az ellátási lánc mentén.

Az output oldali karbonnyomást az éghajlatvédelmi szabályozáshoz kapcsolódó költségek jelentik. A Kyotoi Egyezmény ratifikálása után az Európai Unió létrehozta a széndioxid kibocsátási jogok kereskedelmi rendszerét, amelyben piaci ára van a kibocsátásnak. Egyes országokban adókat is kivethetnek a széndioxid emisszióra.

Annak ellenére, hogy mindkét költségnyomás a karbonhoz kapcsolódik, nem szokták összegezni ezeket a tételeket, így nem ítéltethető meg, hogy mely vállalat vagy ágazat összességében véve milyen mértékű kitettséget érez a fosszilis karbonnak „köszönhetően”. Tanulmányunk ebből a szempontból úttörő: minthogy a vállalatok kétszer fizetnek a karbonért, ésszerűnek tűnik az inputoldali és outputoldali költségek összesítése és a teljes karbonköltség meghatározása.

Nemcsak vállalati, hanem fogyasztói oldalról is növekszik az igény a termékekbe beépült karbon kimutatására, összegzésére. (Scipioni et al. 2012, McKinnon, 2010, Kral et al. 2009) Új fejleményként megjelent a termékek karbon címkézése. Piaci terméké vált a „karbon semlegességgel” összefüggő, illetve „karbon kiváltáshoz” kapcsolódó szolgáltatások nyújtása, egyes vállalatok már kínálnak „karbonsemleges” termékeket is (pl. a Dole karbonsemlegesként árusított banánja vagy ananásza). Ezekben az esetekben a cég azt vállalja, hogy a termék előállításához kapcsolódóan kibocsátott széndioxidot kiváltja erdőtelepítési programokkal, ahol az újonnan telepített erdő által megkötött széndioxid mennyisége legalább akkora, mint a termék előállításával kapcsolatosan kibocsátott széndioxid mennyisége. A karbonlábnyom és karbonsemleges címkézés a hatásokat az egész ellátási láncra vonatkozóan összegzi. A karboncímkézés differenciálódott formái alakultak ki az elmúlt öt évben, melyek közül egyesek már a szabványosítás fázisát is elérték (Upham et al., 2011) A fogyasztók továbbá energiafogyasztással kapcsolatos címkékkel találkoznak az elektromos termékeken is és energiatanúsítványokkal adhatnak és vehetnek lakásokat.

Az outputoldalon a termelési folyamat által kibocsátott széndioxid emisszió csökkentése okozza a problémát. Eltérően sok más emissziófajtától a széndioxid kibocsátás utólagos kezeléssel nem mérsékelhető, kizárólag az energiahatékonyság fokozása és az alternatív energiaforrásokra való áttérés a reális opció a jelenlegi technológiai feltételek mellett. A karbonelnyelésre vonatkozó projektek még kísérleti fázisban vannak és környezeti szempontból is nagyon vitatottak. A széndioxid emisszióhoz kapcsolódó költségek ugyancsak akumulálódnak az ellátási lánc mentén.

Összegezve az eddigieket megállapíthatjuk, hogy a köztes termékekbe beépülő és az ellátási lánc mentén akumulálódo karbonköltségek gazdasági jelentősége nő, ugyanakkor a meghatározásukra és elemzésükre alkalmas módszertan még kialakításra szorul. (Lee, KH 2012). Nagyságrendjükre jellemző, hogy számos esetben meghaladja a közvetlen kibocsátások nagyságrendjét.

Az Üvegházgáz Protokoll (GHG Protocol, 2004) a nemzetközileg leginkább elfogadott és leggyakrabban alkalmazott eszköz az üvegházgázok számszerűsítésére vonatkozóan. A Protokollt a World Resources Institute és a World Business Council for

Sustainable Development közösen fejlesztette ki. Az 1. hatásterületbe tartozó emissziók (Scope 1 emissions) kizárólag a közvetlen üvegházgáz (továbbiakban ÜHG) kibocsátásokat tartalmazzák. A 2. hatásterületbe az energia vásárlása által közvetetten kibocsátott ÜHG-t foglalja magában, míg a 3. hatásterületbe az ellátási láncban a vállalat alatt és felett elhelyezkedő vevők, szállítók révén közvetetten kibocsátott ÜHG-t sorolja, természetesen a vásárolt energia kivételével. "Egy iparágban átlagosan a karbonlábnyom 75%-a a 3. területhez tartozó kibocsátások közé sorolható, ezért a 3. területhez tartozó karbonlábnyom alaposabb ismerete segíthet abban, hogy a szervezet ne csak saját területén, hanem az egész ellátási láncra vonatkozóan hajtson végre karboncsökkentési projekteket." (Huang et al. 2009. p. 8509.)

Az éghajlatpolitika fókuszában ma olyan iparágak állnak, mint pl. az energiaipar, a papíripar, vagy a légi közlekedés. A környezetpolitika tovaggyűrűző hatásai azonban számosak. Az ellátási lánc végén elhelyezkedő iparágakat a karbonintenzív köztes termékek és szolgáltatások – pl. energia, műanyagok, műtrágyák, cement, bitumen, szállítás, stb. – vásárlása révén érintheti érzékenyen a karbonköltségek emelkedése. Egyes helyettesítő termékek, pl. a fa, bútortá árát is befolyásolják a fosszilis energiahordozók árváltozásai, annak ellenére, hogy ezek közvetlenül nem tartoznak a fosszilis karbonszármazékok körébe. A költséghatások végiggyűrűznek az ellátási lánc mentén, és olyan iparágakat és termékeket is sújthatnak, amelyekkel kapcsolatban nem asszociálunk az üvegházgázok kibocsátására.

Jelen kutatás célja, hogy az ellátási láncba beépülő karbon költség hatásait vegye górcső alá. Mind az input oldalról jelentkező költségnyomást, mind pedig a széndioxid kibocsátás mint nem kívánatos output oldaláról jelentkező költségnyomást számszerűsítjük.

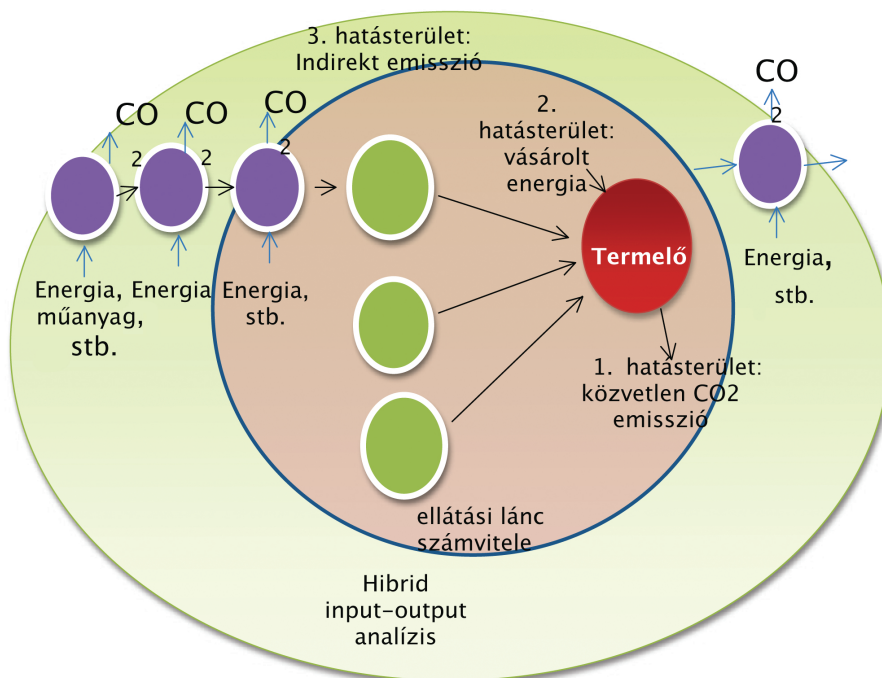
A cikk arra a kérdésre keresi a választ, hogy milyen típusú vállalatok és iparágak lehetnek a leginkább érzékenyek a karbon költség növelő hatásaira. és hogyan számszerűsíthető ez a költségérzékenység.

Elsőként megvizsgáljuk, hogy az ellátási láncokkal foglalkozó szakirodalom jelenlegi formájában miért nem tudja hatékonyan megválaszolni a fenti kérdéseket. Ezt követően kerül sor annak a módszertani keretnek a bemutatására, amely segíthet számszerűsíteni az említett tovaggyűrűző hatásokat. Végül bemutatjuk, hogy a karbonköltség érzékenység nemcsak a karbonintenzitástól függ, hanem befolyásolja azt az egyes iparágak piaci helyzete is. Előfordulhat, hogy olyan vállalatok és iparágak, amelyek karbon függősége magas, mégsem különösen érzékenyek a karbonköltségek emelkedésére, míg kevésbé függő vállalatok jelentős mértékben érzékenyek lehetnek.

Az ellátási láncok és a karbon számvitel

Az ellátási lánc kontrollingja a karbonmenedzsment esetében azt jelenti, hogy az egész lánc karbon hatásait nyomonkövetjük, elemezzük, beleértve az 1., 2., 3. és a külső körökbe tartozó beszállítókat is (e.g. Kral et al., 2009). A beszállítói hálózat azonban rendkívül bonyolulttá válik, ahogy haladunk annak külsőbb körei felé (a beszállítók beszállítóinak beszállítói, stb.). A gyártó részletes információkra tartana igényt, ez az igénye azonban

ütközik beszállítóinak az adataik védelmére és bizalmas kezelésére vonatkozó igényével. Így az ellátási lánc kontrolling csak korlátozottan képes felmérni a teljes lánc inputigényét, hiszen az elsődleges adatokhoz való hozzáférés korlátozott. Nagyszámú beszállító komplex hálózata esetén az adatok összegyűjtése, nehézkes és költséges. Ez különösen igaz a 2. és 3. körön is kívül fekvő beszállítókra (McKinnon, 2010).



1. ábra Az ellátási lánc hagyományos elemzésének korlátai

Az említett problémák miatt alakultak ki azok a kiegészítő elemzési módszerek, amelyek segítségével a termelők képesek legalább durva becslést kapni az ellátási lánc külső köreinek inputigényéről, vagy éppen emissziójáról, és az ezekhez kapcsolódó költségekről.

A legismertebb ilyen technikát hibrid számvitelnek, vagy input-output elemzéssel támogatott számvitelnek nevezik, amelyet széles körben alkalmaznak az életcikluselemzések és az életciklusköltségek elemzése során. A hibrid módszerek lényege, hogy monetáris input-output táblákat egyesítenek természetes mértékegységben kifejezett környezeti számlákkal, és így próbálnak becslést adni azokra az anyagáramokra vonatkozóan, amelyekre vonatkozóan nem nyerhetők elsődleges adatok. A 2., 3. és külsőbb beszállítói körök közvetett emisszióit gyakran makrogazdasági adatok felhasználásával becsülik meg. Minden olyan esetben azonban, amikor elsődleges adatok rendelkezésre állnak, akkor elsősorban azokat kell felhasználni.

Ha összeadjuk a közvetlen és közvetett emissziókat (vagy éppen inputfelhasználást), akkor kapjuk meg az ellátási lánc teljes emisszióját (vagy inputigényét). Minthogy a beszállítók inputjainak és emissziójának költségei beépülnek a gyártó költségfüggvényébe, ezért a teljes ellátási lánc inputigényének vagy emisszióköltségének meghatározása fontos előrejelző erővel bír a gyártó számára.

Az input-output táblákat termékek elemzésére is felhasználják, elsősorban az életcikluselemzések és életciklusköltség elemzések határainak kitágítására (Crawford 2008; Lenzen 2002; Lenzen et al. 2003, Suh and Nakamura, 2007, Suh et al. 2004).

Az ellátási lánc menedzsment szakirodalmában régóta használnak input-output táblákat, elsősorban a teljes inputigény meghatározására. Albino et al. (2002), például az ellátási láncot a termelési folyamatok hálózataként ragadták meg, és ezeket a hálózatokat elemezték input-output táblák segítségével. A hibrid számvitel azonban tovább tagítja a határokat azáltal, hogy képes becslést adni a külső körök beszállítónak környezeti hatásairól anélkül, hogy túlságosan belebonyolódna a beszállítói hálózatok szövevényébe. Az összes hatások mintegy 75 százaléka indirekt, a 3. hatásterületbe tartozó hatás, ezért fontos, hogy legalább valamilyen becslést tudjunk adni ezek nagyságrendjére vonatkozóan.

Jelen tanulmány újdonságértékkel bír abból a szempontból, hogy először mutatja be, hogyan használható fel a hibrid input-output elemzéses technika az ellátási lánc teljes karbonköltség érzékenységeinek meghatározására. Az alkalmazott módszertan abból a szempontból is innovatív, hogy integrálja az inputoldali karbonköltségeket a széndioxid emisszió költségeivel.

Az teljes karbonköltség meghatározása

Az alkalmazott módszertan a környezeti adatokkal kiterjesztett input-output elemzés technikájára épül, melyet először Bicknell et al. (1998) alkalmazott, majd többen is finomították, pl. Ferng (2001) és Wiedman et al. (2006), és a szektorok ökológiai lábnyomának meghatározására használták. A Leontief(1986) által kialakított input-output elemzést környezeti adatokkal bővítették ki. A megközelítés sok olyan problémára tudott választ adni, amelyet más módszerekkel nem tudtak sikeresen megközelíteni (lásd Butnar and Llop 2011). Ennek köszönhetően hamarosan felvette a repertoárjába az Eurostat (2009) és az OECD is. Az eddigiek során azonban még nem alkalmazták arra, hogy meghatározzák a termelők érzékenységet a köztes termékekbe beépült környezeti költségekre.

„Beépült karbon” kifejezéssel fogom jellemezni az ellátási láncban akkumulálódott karboninputot, amely a gyártó által megvásárolt félkész termékek és alapanyagok előállítása során került felhasználásra. A ’beépült karbon’ lehet karbon input, vagy karbonemisszió. Az utóbbi a félkész termék előállítása során összesen kibocsátott széndioxidot jelenti.

A karbonköltség függőség figyelembe veszi a karboninputok és outputok költségét is.

$$C_{\text{dep}} = C_{\text{inp}} + C_{\text{em}} \quad (1)$$

$$C_{\text{cdep}} = v_i C_{\text{inp}} + v_e C_{\text{em}}, \quad (2)$$

ahol

- C_{dep} egy vállalat teljes karbonfüggősége, tonnában,
- C_{inp} beépült összes karbon input, (direkt és indirekt), tonnában
- C_{em} beépült karbon emisszió, (direkt és indirekt), tonnában
- C_{cdep} karbon költség függőség, EUR,
- v_i karbon input ár, EUR,
- v_e karbon emisszió ára, EUR.

A vállalat karboninput függősége azt fejezi ki, hogy egységnyi output előállításához összesen mennyi karbonra van szükség, beleértve a köztes termékekbe és inputokba beépült karbont is.

A karbon inputot tonnában mérjük, míg az outputot nemzeti valutában fejezzük ki.

$$C_{\text{inp}} = c_{\text{inp}} \cdot \langle x \rangle^{-1} \cdot (I-R)^{-1} \quad (3)$$

ahol

- C_{inp} a beépült karbon inputok vektora,
- c_{inp} a vállalat közvetlen karbon input igénye
- x a vállalat teljes outputjának vektora
- R a vállalat közvetlen anyagszükségletének mátrixa

A modell jelenlegi formájában egy vállalati input-output modell. Az R mátrix az ellátási lánc teljes anyagszükségletét mutatja. A Leontief mátrix $(I-R)^{-1}$ az egységnyi output előállításához szükséges teljes anyagszükségletet mutatja.

A karbon emisszió függőség azt mutatja, hogy egységnyi output előállítása során a teljes ellátási lánc összesen mekkora CO₂ kibocsátást produkál.

$$C_{\text{em}} = c_{\text{em}} \cdot \langle x \rangle^{-1} \cdot (I-R)^{-1} \quad (4)$$

ahol

- C_{em} teljes karbonemisszió,
- c_{em} közvetlen karbonemisszió,

A vállalat karbonérzékenysége a karbonfüggőségtől és az árrugalmasságtól függ, vagyis attól, hogy a vállalat – vagy akár az iparág – mennyire képes a karbonnal kapcsolatos növekvő input- és output költségeket továbbhárítani más piaci ágensekre. A kevésbé karbonérzékeny vállalatok képesek közel szinten tartani a hozzáadott értéket, míg

a magas karbonérzékenységgű iparágak kénytelenek a növekvő költségek egy részét a hozzáadott érték terhére felszívni.

A karbonköltségek emelkedésének hatása

Az outputra vonatkozó árvektort a következő képlet adja meg:

$$p = v(I-R)^{-1} \quad (5)$$

ahol v a belső árak, illetve a vásárolt inputok árának vektora, amely magában foglalja a hozzáadott értéket, a köztes termékek és a karbon árát is. Feltételezzük, hogy az árvektor ismert.

$$v = [v_o, v_i, v_c] \quad (6)$$

v_o a hozzáadott érték,

v_i az inputok és köztes termékek árvektora

v_c a karboninput és a karbonemisszió árvektora.

$$p = v(I-R)^{-1} \quad (7)$$

Feltételezzük, hogy a karbonárak emelkednek p_1 időszakra p_2 időszakra. v_1 -el jelöljük a kiinduló árakat, és v_2 -vel a kialakuló magasabb árakat. A belső árak, a beszerzési árak és a karbonárak változását a következő összefüggés írja le:

$$p_1 - p_2 = (v_2 - v_1)[(I-R)^{-1} - I] \quad (8)$$

Az ármeghatározó vállalatok esetében a karbonköltségek emelkedése az árak emelkedését eredményezi a következők szerint:

$$p_2 = v_2(I-R)^{-1} \quad (9)$$

Árelfogadó vállalatok esetében a karbonköltségek emelkedése a hozzáadott értéket befolyásolja:

$$v_2 = p_2(I-R) \quad (10)$$

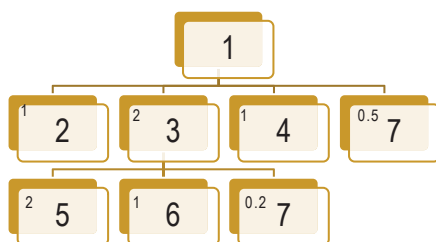
A legvalószínűbb, hogy a valóságos helyzet a két szélsőséges pozíció között alakul ki, vagyis emelkednek valamelyest az árak is, és a hozzáadott érték is csökken. A vállalat képes valamilyen mértékig kompenzálni a karbonköltségek emelkedését, de nem tudja teljes mértékig ellensúlyozni azt. A piaci pozíció határozza meg döntő mértékben azt, hogy a vállalat végül hol fog elhelyezkedni a két szélsőséges pozíció között (pl. monopólium vagy kis piaci részesedéssel rendelkező vállalat). A tanulmány utolsó részében

ezért a közgazdasági elemzést piaci elemzéssel kapcsoljuk össze annak érdekében, hogy közelebb kerüljünk a valós piaci folyamatok leírásához.

A karbon függőség modellezése: egyszerűsített számpélda

Egy nagyon leegyszerűsített számpéldán mutatjuk be a számítás menetét. A későbbiekben ezt a módszertant fogjuk alkalmazni ágazatokra is.

Vegyünk egy egy-vállalat-egy-termék példát, ahol a karbonköltséget is egyetlen komponens képviseli. Az 1-es terméket hat input felhasználásával állítják elő, amelyek közül a karboninput a 7-es címkét viseli. A közvetlen inputigényeket a bal felső sarokban levő szám mutatja az egyes négyzetekben.



2. ábra az 1-es termék inputjai

Az inputigényeket mátrix formába rendezhetjük,

$$R := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad v1 := (3 \quad 2 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3),$$

ahol a $v1$ vektor első eleme az output hozzáadott érték tartalmát mutatja, a legutolsó elem a karbonár, míg a többi érték az inputok belső és beszerzési árát jelenti. A mátrix Leontief inverze mutatja meg a teljes input igényt, amely egységnyi output előállításához szükséges:

$$(I - R)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0,9 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Amíg tehát R csupán a közvetlen inputigényt mutatja meg, addig $(I - R)^{-1}$ az egységnyi output előállításánál felmerülő teljes inputigényt mutatja, amely magában foglalja a köztes termékek előállításánál felmerülő inputigényt is. Pl. egységnyi output előállításának teljes karbonigénye 0,9, noha közvetlenül a termék előállításához csupán 0,5 egységnyi karbonra van szükség. A különbséget a köztes termékek előállítása során felhasznált karbon okozza.

Az ármeghatározó vállalat a piaci árat maga határozza meg, pl. költségei és az elvárt hozzáadott érték függvényében:

$$p_1 = v_1(I - R)^{-1}, \text{ így}$$

$$p_1 = (18,7 \ 2 \ 5,6 \ 1 \ 2 \ 1 \ 3)$$

Ha a karbonár a 3 EUR-os értéken áll be, akkor a termék ára 18,7, míg a hozzáadott érték ugyancsak 3.

Tegyük fel, hogy a karbon ára most 5 egységre emelkedik, így:

$$v_2 := (3 \ 2 \ 0 \ 1 \ 2 \ 1 \ 5)$$

Az árvektor ekkor ármeghatározó vállalat esetében a következő módon változik:

$$p_2 = (20,5 \ 2 \ 6 \ 1 \ 2 \ 1 \ 5)$$

Az árváltozás hatását a következő vektor mutatja:

$$p_1 - p_2 = (v_2 - v_1)[(I - R)^{-1} - I] = (1,8 \ 0 \ 0,4 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Ez azt jelenti, hogy a karbonárak változása 1,8 EUR-nyi változást indukált a termék árban.

Az árelfogadó vállalat számára a következmények egészen máshogy alakulnak. Tegyük fel, hogy a piaci árak maximuma 18,7, amely felett a vállalat nem képes termékét értékesíteni. Ekkor a hozzáadott értéknek kell felszívnia a karbonárak emelkedésének hatásait.

$$v_2 = p_2(I - R),$$

Ekkor az árak nem változnak, míg a hozzáadott érték lecsökken 1,2-re.

$$v_2' = (1,2 \ 2 \ 0 \ 1 \ 2 \ 1 \ 5)$$

Amennyiben a karbonköltség eléri a 6,3-as értéket, akkor a hozzáadott érték zéróvá válik.

A legvalószínűbb állapot a két szélső érték között található. A piaci árak növekedni fognak a karbonköltségek emelkedésének hatására, de nem valószínű, hogy teljes mértékben tudják követni annak növekedését. A vállalat profitjának csökkenése ekkor elkerülhetetlen. Pl. egy lehetséges állapot szerint az árak 19,5-re nőnek, míg a hozzáadott érték 2,0-ra csökken.

A következőkben a leegyszerűsített példától tovább lépünk az iparági elemzés irányába, de az alkalmazott módszertan követi a fentiekben ismertetett logikát.

Iparágak karbonfüggőségének elemzése

Az iparágak karbonfüggőségének jellemzésére két indikátort használunk: az inputokba beépült karbontartalom inputindikátorként szolgál, míg az inputok előállításánál kibocsátott teljes széndioxid mennyisége output jellegű indikátor. Az előbbi meghatározója a fosszilis energiahordozók átváltozása, míg utóbbit elsősorban az éghajlatvédelmi szabályozás befolyásolja, pl. a Kyotoi Protokoll és az EU széndioxid kibocsátási piaca.

Mind a széndioxidra vonatkozó, mind pedig a karboninputra vonatkozó adatokat az Eurostat online adatbázisából töltöttük le, amely minden európai országra vonatkozóan rendelkezésre áll. Magyar adatokkal dolgoztunk. A környezeti adatokat átstrukturáltuk oly módon, hogy az megfeleljen az Eurostat NACE iparági felosztásának. A karbonfelhasználási adatokat az adatbázis teljes olajegyenértékben (toe) tartalmazza a szilárd fűtőanyagokra (szenek), a földgázra és az olajra vonatkozóan minden iparágra. Az inputadatokban szerepel mind az energiacélú felhasználás, mind pedig a nem energiacélú használat (pl. műanyag, bitumen, stb.)

Az adatokat beépítettük az iparági szimmetrikus ágazati kapcsolatok mérlegébe (SIOT tábla), majd meghatároztuk az outputok teljes karboninput igényét, amelyet az 1. táblázat mutat. A számítások menete hasonló, mint az előző pontban bemutatott leegyszerűsített példa esetében. Látható, hogy egyes ágazatok esetében a teljes inputigény akár kétszerese- háromszorosa is lehet a közvetlen inputigénynek.

A közvetlen és teljes karboninput közötti különbség különösen kiugró pl. az autóiparban, a bútoriparban vagy a hoteliparban. Számukra az inputkarbon költségének az outputhoz és a hozzáadott értékhez viszonyított aránya kritikus kérdés.

1. táblázat Néhány szektor karbonfüggősége

	közvetlen karbon input,	Teljes beépült karbon
	1000 toe	1000 toe
Élelmiszer- és dohánytermékek	297	938
Kőszeggyártás, kőolaj-feldolgozás	1512	863
Számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása	21	400
Bútorgyártás; egyéb feldolgozóipari tevékenység	2	66
Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás	5041	2214
Víztermelés, -kezelés, -ellátás	10	62
Épületek építése	279	936
Közúti jármű gyártása	93	610
Szárazföldi, csővezetékes szállítás	4539	2701
Raktározás, szállítást kiegészítő tevékenység	56	85
Szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás	56	329

A 2. táblázat a teljes széndioxidemisszió arányát mutatja a közvetlen széndioxid emisszióhoz képest.

2. táblázat Néhány szektor karboninput függősége

	Közvetlen CO₂,	Teljes beépült CO₂
	'000ton	'000ton
Élelmiszer- és dohánytermékek	617	2462
Kőszeggyártás, kőolaj-feldolgozás	1016	1008
Számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása	37	1132
Bútorgyártás; egyéb feldolgozóipari tevékenység	7	201
Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás	17815	7515
Víztermelés, -kezelés, -ellátás	317	379
Épületek építése	125	2500
Közúti jármű gyártása	112	1865
Szárazföldi, csővezetékes szállítás	9582	5724
Raktározás, szállítást kiegészítő tevékenység	0	189
Szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás	84	876

Az adatok tükrében látható, hogy egyes iparágak elsősorban az emisszió oldalon érintettek, míg mások főként a karbontartalmú inputok oldalán. Az inputok ára ugyanakkor

sokkal magasabb, mint az az összeg, amelyet jelenleg a széndioxid kibocsátási jogokért kell fizetni. A teljes költséghatást a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat Néhány szektor karbonköltség függőségének indexe

	Karbon-költség függőség	Közvetlen karbonköltség a belső felhasználás %-ában	Teljes karbon-költség a belső felhasználás %-ában	Közvetlen költség a hozzáadott érték %-ában	Teljes költség a hozzáadott érték %-ában
Élelmiszer- és dohánytermékek	High	5%	17%	21%	50%
Számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása	High	1%	20%	9%	24%
Közúti jármű gyártása,	High	2%	11%	7%	44%
Bútorgyártás;	Very high	4%	138%	9%	168%
Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás	Very high	47%	20%	70%	144%
Épületek építése	High	5%	19%	9%	46%
Szárazföldi, csővezetékes szállítás	High	29%	17%	35%	31%
Légi szállítás	High	34%	36%	1363%	29%
Raktározás, szállítást kiegészítő tevékenység	High	20%	31%	18%	30%
Szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás	High	7%	39%	11%	26%

A harmadik táblázat néhány magas karbonfüggőségű iparágat mutat be. Ezeket az iparágakat érzékenyen érintheti a karbonköltségek emelkedése, amennyiben nem tudják azok terheit továbbhárítani más piaci szereplőkre.

A karbonköltség érzékenység meghatározása

A karbonköltség függőség csak egyik meghatározó tényezője a karbon érzékenységeknek. Ez utóbbi nagyban függ az ágazatok piaci helyzetétől, a fogyasztás árugalmasságától, valamint az értékláncban elfoglalt helyétől. Pl. a bútorigarban az árérzékenység általában magas, átlagosan -1,5 értéket vesz fel, habár magas az országok közötti ingadozás (lásd (Source: <http://www.furnituremanufacturers.net/>), emiatt a költségek továbbhárítására kisebb az esélye.

Porter modellje felhasználható arra, hogy érzékeltesük a cégek versenypozíciójában megmutatkozó különbségeket. A monopol vagy oligopol helyzetben levő vállalat,

- ide tartozik több nagyvállalat az energiaiparban - inkább ármeghatározó, mint árelfogadó. Ezek sikeresen hárítják tovább az éghajlatvédelmi szabályozás miatt megemelkedett költségeiket más piaci szereplőkre.

A következő táblázat a villamosenergia-, gáz-, gőzellátás szektor közvetlen karbonköltségeinek változását mutatja 2000 és 2007 között. A teljes karbonköltséget nem határoztuk meg az EU17-re vonatkozóan. Látható, hogy a közvetlen karbonköltségek 21%-ról 27,5 %-ra emelkedtek az outputhoz képest. Az iparág erősen érintett mind az inputoldalon, mind pedig a széndioxid emisszió szabályozás terén. Ennek ellenére outputjának értékét 74%-al tudta növelni, eredményét pedig 84%-al, ami jó piaci helyzetének köszönhető.

4. táblázat A karbonköltségek aránya és a hozzáadott érték változása a villamosenergia-, gáz-, és gőzellátásszektorban. (EU 17)

	2000	2002	2004	2006	2007
Működésből származó eredmény, nettó	31 171,9	40 558,6	49 117,2	60 480,4	57 524,9
Hozzáadott érték (termelői árak)	94 392,8	106 516,6	119 318	134 447,5	142 775
Termelés	225 030,7	255 058,1	288 920	370 840,9	391 765,4
A közvetlen karbonköltségek aránya az output százalékában	20,94%	21,70%	22,79%	26,23%	27,57%

Adatok forrása: Eurostat

Egész más képet kapunk, ha az iparágban erős a verseny, és a vállalatok inkább árelfogadók, mint ármeghatározók. Ekkor a működési eredmény növelésére kevés az esély, az emelkedő költségek nem háríthatók át teljes egészében a vásárlókra.

A légitökeledés esetében a közvetlen karbonköltségek 6,43%-ról 11,14-ra emelkedtek hét év alatt. Látható, hogy költségeit nem tudta továbbhárítani, működési eredménye és hozzáadott értéke is csökkent. Ráadásul a szektor nemsokára az EU kibocsátási jogok kereskedelmének hatálya alá fog tartozni, ami azt jelenti, hogy emissziós jogokat lesz kénytelen vásárolni kibocsátásnak fedezetéül. Ez azt jelenti, hogy a légi közlekedés nagyon érzékeny a karbonköltségek emelkedésére.

5 táblázat A karbonköltségek aránya és a hozzáadott érték változása a légi közlekedésben az EU 17 országaiban

T_ROWS/TIME	2000	2002	2004	2006	2007
Működésből származó eredmény, nettó	3 485,7	3 199,9	3 193,9	3 210	2 656,7
Hozzáadott érték (termelői árak)	20 601,1	20 648	21 632,1	23 285,6	17 647,5
Termelés	71 955,9	70 162,5	72 966,5	87 716,5	92 120
A közvetlen karbonköltségek aránya az output százalékában	6,43%	4,71%	7,64%	10,17%	11,14%

Forrás: Eurostat

Rövid távon az alacsony karbonérzékenységű iparágak – még akkor is, ha karbonfelhasználásuk egyébként magas – elszívhatják a magas karbonérzékenységű iparágak profitjának egy részét. Ez azt jelenti, hogy egyes – az ellátási lánc végén álló és rossz piaci helyzetű – iparágak, amelyek közvetlen karbonfelhasználása ugyan alacsony, de magas beépült karboninputtal rendelkeznek sokkal érzékenyebbek lehetnek a költségek emelkedésére, mint az ellátási lánc elején álló nyersanyagtemelő vállalatok. Ez az a helyzet, amely megfelel 10. egyenletben leírt szituációnak.

6 táblázat A karbonköltség érzékenység tényezői

	Légiközlekedés	Kőolajtermelés
Teljes karbon input függőség (közvetlen + közvetett)	MAGAS	MAGAS
Teljes karbon emisszió függőség (közvetlen+közvetett)	MAGAS	MAGAS
karbonérzékenység (akarbonköltségek /hozzá- adott érték)	MAGAS	ALACSONY
piaci pozíció (közvetlen versenytársak száma)	GYENGE	ERŐS
ÉRZÉKENYSÉGI INDEX	MAGAS	KÖZEPES

Következtetések

Egyes – az ellátási lánc végén álló vállalatok – sokkal érzékenyebbek lehetnek a karbonköltségek emelkedésére, mint maguk az energiatermelő vállalatok. Ez gyenge piaci helyzetüknek és magas beépült karboninputjuknak köszönhető. A hibrid input-output elemzés alkalmas arra, hogy számszerűsítse az inputokba beépült karbonköltségek mértékét az ellátási lánc végén álló ágazatok esetében is, és becslést adjon arra vonatkozóan, hogy az egyes ágazatokat milyen mértékben érinti az energiaárak emelkedése vagy az éghajlatvédelmi politika szigorodása. Természetesen a kapott eredmények csak becslésként foghatóak fel, hiszen az alkalmazott módszertan nem képes finom eredményeket szolgáltatni.

IRODALOMJEGYZÉK

Vito Albino, Carmen Izzo, Silvana Kühtz, Input–output models for the analysis of a local/global supply chain, *International Journal of Production Economics*, Volume 78, Issue 2, 21 July 2002, Pages 119-131, ISSN 0925-5273, 10.1016/S0925-5273(01)00216-X.

Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R., Bigsby, H.R. (1998): *New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy*, *Ecological Economics* 27, 149-160

Butnar, I., Llop, M., Structural decomposition analysis and input–output subsystems: Changes in CO2 emissions of Spanish service sectors (2000–2005), *Ecological Economics* (2011), doi:10.1016/j.ecolecon.2011.05.017

- Burritt, R., Schaltegger, S., Bennett, M., Pohjola, T., Csutora, M., (eds.), 2011a. Environmental Management Accounting and Supply Chain Management. Dordrecht: Springer
- Crawford, R. H., 2008. Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method. *Journal of Environmental Management* 88(3), 496–506.
- Dobos, I., Floriska, A. (2007): The resource conservation effect of recycling in a dynamic Leontief model, *International Journal of Production Economics* 108, 334–340
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909000366>)
- Eurostat (2009): Manual for Air Emissions Accounts, European Communities, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- Ferng, J.-J. (2001): Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity, *Ecological Economics* 37, 159–172
- Foran, B., Lenzen, M., Dey, C., Bilek, M., 2005. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting, *Ecological Economics* 52(2), 143–157
- GHG (Greenhouse Gas Protocol), 2004. A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition, Conches-Geneva/Washington: World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute.
- Guenther, E.; Stechemesser, K. Carbon accounting. 2012. A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production* 10.1016/j.jclepro.2012.02.021
- Huang, Y Anne; Weber, Christopher Land H. Scott Matthews. Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting, *Environmental Science & Technology* 2009 43 (22), 8509–8515
- Junnala, S., 2008. Life cycle management of energy-consuming products in companies using IO-LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(5): 432–439.
- Kral, C., Huisenga, M., Lockwood, D., 2009. Product Carbon Footprinting. Improving Environmental Performance and Manufacturing Efficiency, *Environmental Quality Management* 19(2), 13–20.
- Lee, K.H. 2012. Carbon accounting for supply chain management in the automobile industry, *Journal of Cleaner Production* 10.1016/j.jclepro.2012.02.023.
- Lenzen, M., 2002. A guide for compiling inventories in hybrid LCA: Some Australian results. *Journal of Cleaner Production* 10(6), 545–572.
- Leontief, W. (1986): *Input-Output Economics*, Oxford University Press, Oxford
- McKinnon, A., 2010. Product-level carbon auditing of supply chains. Environmental imperative or wasteful distraction? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 40(1/2), 42–60.
- Peters, Glen; Author: Marland, Gregg; Hertwich, Edgar; Saikku, Laura; Rautiainen, Aapo; Kauppi, Pekka. (2009) Trade, transport, and sinks extend the carbon dioxide responsibility of countries: An editorial essay, *Climatic Change*, 97(3): pp. 379–388
- Schaltegger, S., Csutora, M (2012): Carbon Management Accounting for Sustainability. Status quo and challenges, *Journal of Cleaner Production*, In press

- Scipioni, A. ; Manzardo A.; Mazzi, A.; Mastrobuono, M: Monitoring the Carbon Footprint of products: a methodological proposal. *Journal of Cleaner Production*. 2012.
- Strømman, A., Peters, G., Hertwich, G., 2009. Approaches to correct for double counting in tiered hybrid life cycle inventories. *Journal of Cleaner Production* 17(2), 248–254
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G. J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., 2004. System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches. *Environmental Science & Technology* 38(3), 657–664.
- Suh, S., Nakamura, S., 2007. Five years in the area of input-output and hybrid LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment* 12(6), 351–352.
- Tsai, W.H., Shen, Y.S.; Lee, P.L; Chen, H.C.; Kuo, L; Huang, C.C. Integrating information about the cost of carbon through activity-based costing, *Journal of Cleaner Production*, 10.1016/j.jclepro.2012.02.024.
- Treloar, G., 1997. Extracting embodied energy paths from input-output tables: Towards an input-output-based hybrid energy analysis method. *Economic Systems Research* 9(4),
- Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., & Barrett, J. (2007). Examining the Global Environmental Impact of Regional Consumption Activities - Part 1: A Technical Note on Combining Input-Output and Ecological Footprint Analysis. *Ecological Economics*, 62(1), 37-44. Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.002>
- Upham, P., Dendler, L., Bleda, M., 2011. Carbon labelling of grocery products. Public perceptions and potential emissions reductions. *Journal of Cleaner Production* 19, 348-355.
- Wackernagel, M. C Monfreda, Niels B. Schulz, Karl-Heinz Erb, Helmut Haberl, Fridolin Krausmann (2004) Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges, *Land Use Policy*, Volume 21, Issue 3, Land use and sustainability Indicators, July 2004, Pages 271-278, ISSN 0264-8377, DOI: 10.1016/j.landusepol.2003.10.006.
- Haberl, H., Erb, K. and Krausmann, F., 2001. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926–1995. *Ecological Economics* 38 1, pp. 25–45.
- Yazan, D.M; A. Claudio Garavelli, Antonio Messeni Petruzzelli, Vito Albino, The effect of spatial variables on the economic and environmental performance of bioenergy production chains, *International Journal of Production Economics*, Volume 131, Issue 1, May 2011, Pages 224-233, ISSN 0925-5273, 10.1016/j.ijpe.2010.07.017.
- (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527310002586>)
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J., and Wackernagel, M., 2006. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*, 56(1):28-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.05.012>
- Wiedmann, T., Minx, J., 2008. A definition of “carbon footprint.” In *Ecological economics research trends*, edited by C. C.Pertsova. Hauppauge , NY : Nova Science.

TERMÉSBIZTONSÁGI ELEMZÉSEK A KÖZÉP-MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN.

A SZŐLŐ-, A CSERESZNYE- ÉS A MEGGYTERMELÉS HELYZETE ÉS JÖVŐKÉPE

*Szenteleki Károly – Gaál Márta – Mézes Zoltán –
Szabó Zoltán – Zánathy Gábor – Bisztray György –
Ladányi Márta*

Bevezetés

A ma rendelkezésre álló informatika infrastruktúra, a naponta gyarapodó adat- és tudásbázisok az extrém időjárási események gyakoriságának statisztikailag igazolható változásait, várható eltolódásait számszerűsítik. Tanulmányunkban a Magyarország területére leskálázott RegCM3.1 regionális klímamodellt használtuk a szőlő-, a cseresznye- és a meggy-termesztés egyes kockázati tényezőinek mennyiségi jellemzésére a Közép-magyarországi régió térségében. Vizsgálatainkat a szőlő, a cseresznye és a meggy jövőbeni termésbiztonságára vonatkozó kedvezőtlen hatásokat (sérülékenység), illetve a javuló termesztési feltételeket szintetizáló, azok hasznosságát kifejező függvények, segítségével végeztük el az 1961-1990-es referencia-időszakra, valamint a 2021-2050-es és a 2071-2100-as időszakokra. A sérülékenység és kockázatelemzés a klímapolitika és az alkalmazkodási stratégia fontos eleme, melynek egyik célja a sérülékeny területek, de ugyanígy a pozitív változás előtt álló régiók, kistérségek mind pontosabb feltárása. Ehhez a klímaváltozással összefüggésbe hozható indikátorokat és mutatókat dolgoztunk ki, melyek egyúttal jellemzik az adott mezőgazdasági tevékenységet a termésbiztonság szemszögéből. A magyarországi természetföldrajzi nagytájak, az agroökológiai középtájak (kistérségek), a régiók, a kistérségek és a termőhelyek a klíma- és az időjárás-változás valószínűsíthető hatásaira – adottságaik alapján – azonban nem egyformán érzékenyek és sérülékenyek. A kapott eredmények egy jövőben átfogó Mezőgazdasági Tájérték Index, vagy a klímapolitika szintjén ugyancsak tervezett Nemzeti Alkalmazkodási Index (NAI) kiinduló elemei lehetnek a Közép-magyarországi Régióban.

Az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007) Negyedik Értékelő Jelentése 2007-ben megállapította, hogy a Föld éghajlati rendszere globális és regionális szinten is megváltozott az iparosodás kezdete óta, s új, a korábbinál erősebb bizonyítékok utalnak arra, hogy az elmúlt ötven év során megfigyelt felmelegedés döntő része az emberi tevékenységeknek tulajdonítható. Az IPCC Jelentés megállapítása szerint a klímaváltozás folyamatában nő az egyes szélsőséges időjárási események száma és intenzitása. Az éghajlatváltozás mind a környezeti, mind a társadalmi-gazdasági rendszereket befolyásolja. E hatások kedvezőtlenek vagy jótékonyak is lehetnek, ám minél nagyobb mértékű és minél gyorsabb ütemű az éghajlat változása, annál nehezebb az ahhoz való alkalmazkodás, ezért egészében kedvezőtlenebbek a hatások.

A mezőgazdaság, és így az élelmiszerellátás biztonsága – a természetes vegetáció mellett – a leginkább érzékeny a változó éghajlatra és az időjárásra. E két tényező hatására ugyanis megsemmisülhet vagy lényegesen csökkenhet a termés, de a fordítottja is lehetséges, amikor a bőség okoz értékesítési, logisztikai gondokat.

A globális felmelegedés és az azt követő éghajlatváltozás növekvő kockázatára való tekintettel a hazai klímapolitika – elsősorban az alkalmazkodásra való felkészülés tudományos megalapozása érdekében – 2003-ban kutatási projekt indítását határozta el. A projekt neve: „A globális klímaváltozás hazai hatásai és az arra adandó válaszok”, illetve a három kulcsszó (Változás – Hatás – Válaszadás) első szótagjaiból képezve: a „VAHAVA projekt (2003-2006)”. A projekt elsődleges célja a globális klímaváltozás negatív és pozitív hazai hatásaira való felkészülés, különféle károk megelőzése, mérséklése és a helyreállítás előmozdítása (*Faragó et al., 2010*).

A VAHAVA projekt szakmapolitikai tézisei között a klímaváltozásnak a nemzetgazdaság egyes ágait is eltérően érintő hatásait részletezi. Kiemelten hangsúlyozza, hogy a legfontosabb területeken ágazati programokat indokolt kidolgozni legfőképpen az egészségügyre, az energiaszektorra, az élelmiszer- és vízellátásra, a természetvédelemre és a természeti erőforrásokra, valamint az árvízre, a belvízre, az aszályra, a vízgazdálkodásra, a mező- és erdőgazdaságra, a közlekedésre, a biztosításokra, a katasztrófavédelemre, nem utolsósorban pedig a kutatásokra.

A VAHAVA kutatási, innovációs folyamathoz kapcsolódó, azt folytató kutatásokba tanszékünk, a *Budapesti Corvinus Egyetem Matematika és Informatika Tanszéke Harnos Zolt* akadémikus irányításával kapcsolódott be (*KLÍMA KKT: „Felkészülés a klímaváltozásra: környezet – kockázat – társadalom (2005-2008)” projekt*).

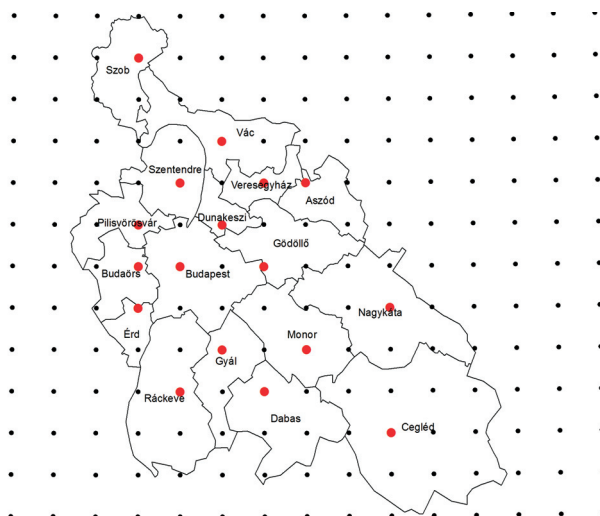
A projekteknek köszönhetően az Országgyűlés 2008. február 13-i ülésén elfogadta a 2008-2025-re szóló *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát (NÉS)*. Ennek alapján a mindenkori kormány kétévenként Éghajlat-változási Programot dolgoz ki és valósít meg. A VAHAVA folytatásaként *Láng István* akadémikus és munkatársai kezdeményezték az éghajlatváltozással, annak hazai hatásaival, az üvegházhatású gázok kibocsátásával, illetve azok csökkentésével foglalkozó tudományos kutatások, innovációk, illetve szakigazgatási tevékenységek, továbbá a klímapolitikai döntések szakmai megalapozásával, az oktatással, neveléssel, tudatformálással foglalkozó személyek, szakmai intézmények és társadalmi szervezetek részére önkéntes alapon működő országos információs-koordinációs hálózat kialakítását. A hálózatot röviden, *VAHAVA Hálózat* néven működtetik 2008 óta.

A meteorológiai információk, elemzések, kutatások meghatározó jelentőségűek az éghajlatváltozással, a szélsőséges időjárási jelenségekkel kapcsolatos hatásvizsgálatokban, a felkészüléssel összefüggő elemzésekben. A felhasznált történeti adattárak, klimatikus forgatókönyvek kezeléséhez és feldolgozásához korszerű, nagyméretű adatbázisokra, valamint számítógépes modellezésre van szükség. A ma rendelkezésre álló informatika infrastruktúrára és a VAHAVA kutatásokban elért eredmények alapján létrejött tudásbázisra támaszkodva a modellezett klimatikus változásokat és azok hatásait jelenleg már számszerűsíteni tudjuk.

A Közép-magyarországi Régióra fókuszáló kutatások támogatására vonatkozó TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 program támogatásával jöttek létre az alábbiakban részletezett, a szőlő-, a cseresznye- és a meggytermeléséhez kapcsolódó, elsősorban klímaszempontú kutatási eredmények.

A TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 pályázat által támogatott kutatásban felhasznált anyagok és módszerek

A klímaváltozás hatásai más-más mértékben befolyásolják az egyes növényfajok agroökológiai létfeltételeit, hiszen a hőmérséklet, a csapadék és más meteorológiai tényezők hatásai a termesztési feltételek szempontjából nem általánosságban, hanem kifejezetten egyes időszakokra koncentráltan, a fenológiai fázistól és a növény klimatikus igényeitől függően fejtik ki előnyös vagy káros hatásukat. Nem vonhatunk le tehát a hőmérséklet éves átlagának, illetve a csapadék éves mennyiségének változásaiból messzemenő következtetéseket anélkül, hogy azok éves eloszlását, különösen a tenyészidőszakok egyes kiemelt szakaszait ne tennék külön vizsgálat tárgyává, s e szezonális hatásokat külön-külön és összességükben is mindig egy adott növényfaj ökológiai szempontjai szerint ne értékelnénk.



1. ábra Közép-Magyarország kistérségei és a RegCM3.1 modell rácshálózata
(a számításokat a kiemelt rácsponatok adatai alapján végeztük)

Vizsgálatainkat Közép-Magyarország kistérségeire vonatkozóan végeztük el, minden kistérséget egy 10 km-es felbontású rács egy-egy rádspontjának adataival jellemezve (1. ábra). A jövőben várható klimatikus viszonyokat a RegCM3.1 regionális klímamodell A1B klímaszcenáriójának a 2021-2050, illetve 2071-2100-as időszakra vonatkozó, ugyanolyan felbontású adatai jellemzik, összehasonlítási alapként az 1961-1990-es referencia-időszak szolgál. A RegCM3.1 modell leskálázása az éghajlati jövőkép elkészítésének céljából az *ELTE Meteorológiai Tanszékén készült* (Bartholy et al. 2007, 2009 és 2010, Torma et al., 2008, 2011, Roeckner et al., 2003).

A meteorológiai paraméterek termésbiztonságra gyakorolt hatásának vizsgálatát három, a térségben a legkiemelkedőbb területi, gazdasági és tradicionális jelentőséggel bíró gyümölcsre, a szőlőre, a cseresznyére, valamint a meggyre végeztük el. Az elemzést a cseresznye- és meggytermesztés esetén klimatikus évtípus modellek felhasználásával végeztük el. Mind a cseresznyetermesztés, mind a meggytermesztés esetén – a hasonló agroökológiai igények alapján – 13-13 klimatikus évtípus modellt állítottunk fel, melyeket az elmúlt évtizedek tapasztalatai és a kár- és kóresetek figyelembe vételével csoportos szakértői becslésekre alapozva klimatikus termésbiztonsági indexszel súlyoztunk a Delphi-módszert alkalmazva (Dalkey és Helmer, 1963; Linstone és Turoff, 1975; Scapolo és Miles, 2006). A szőlőtermesztés esetében nagyon nehezen írható le egy-egy klimatikus évtípus, ezért ott a fenofázisokhoz tartozó legfontosabb meteorológiai paraméterek kiértékelését és súlyozott figyelembe vételét választottuk a klimatikus termésbiztonsági index elkészítéséhez, szintén a Delphi-módszerrel, csoportos szakértői becslések alapján.

A termőhelyek klimatikus elemzése a legritkább esetben szűkíthető le egy vagy néhány meteorológiai paraméter vizsgálatára, a termelési feltételek és kockázatok jellemzésére gyümölcstermesztési indikátorokat, illetve indikátorrendszereket alkalmazunk. Az indikátorok bevezetése lehetővé teszi Magyarország gyümölcstermelő potenciáljának térbeli karakterizálását, s ezen túl a hazánk területére leskálázott klímaszcenáriók révén a következő évtizedekre is vonhatunk le következtetéseket (Bartholy et al., 2007). Az indikátorrendszer használatához mindenekelőtt létre kell hozni egy könnyen kezelhető információs rendszert, amely egyaránt alkalmas a térbeli összehasonlítások, valamint az időben dinamikus folyamatok vizsgálatának az elvégzésére.

Az adatok elsődleges feldolgozása az erre a célra készített FRUIT-MET programmal történt. A FRUIT-MET programrendszere és a hozzá kapcsolódó adatbázis a BCE Matematika és Informatika Tanszékének szerverén került elhelyezésre, melyet az egyetem belső hálózatán a megfelelő jogosultsággal rendelkező oktatók és kutatók érhetnek el (Szenteleki, 2007). Az adatbázishoz kapcsolódó programrendszer biztosítja a teljes központi adatbázis áttekintését, az adatszűrés és leválogatás tetszőleges szempontok szerinti végrehajtását, illetve nagy futásidőt igénylő – vagy szokványos statisztikai eszközökkel el nem végezhető, ezért speciális programok írását feltételező – elemzések elvégzését.

A statisztikai elemzésekhez az MS Excel Adatelemző modulját, a PASW 18 statisztikai szoftvert, a térképi elemzésekhez az ArcGIS 9.2 programot használtuk.

A szőlőtermesztés termésbiztonsági indexeinek változásai

A szőlőtermesztés klímaváltozástól függő kockázati tényezők

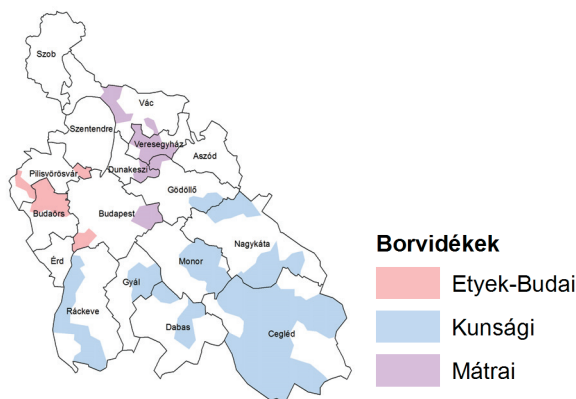
A szőlőtermesztés határvonalát, a termesztési régiók kialakulását elsősorban az éghajlat, a klimatikus viszonyok határozzák meg. Hazánk várhatóan a leg pesszimistább szcenáriók alapján is a minőségi szőlőtermesztés izotermáin belül marad, de az időjárási anomáliák mind mennyiségben, mind minőségben meglehetősen szélsőséges évjáratokat eredményezhetnek.

A klímaváltozásnak a szőlőtermesztésre gyakorolt hatását egyrészt az éves átlaghőmérséklet megtapasztalt emelkedő tendenciája, másrészt az egyre gyakoribbá váló extrém időjárási jelenségek (hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék, aszály, illetve fagykárók, hóhullámok) alkotják. Míg a mediterrán térségben a közismert kiegyenlítő hatások következtében viszonylag nagy biztonsággal lehet szőlőt termeszteni, addig a Kárpát-medencében uralkodó kontinentális légköri viszonyok olyan stresszhatásokat idézhetnek elő, melyek a minőségen és mennyiségen keresztül negatív gazdasági következményekkel járnak.

Az átlaghőmérséklet emelkedésével általában nő a termés cukortartalma (Zanathy, 2008). Elsősorban az évi középhőmérséklet határozza meg, hol célszerű szőlőtermesztéssel foglalkozni. Alacsony kockázatú szabadföldi szőlőtermesztésre csak a 9–21 °C évi középhőmérsékletű izotermák között van biztosíték. Ezen belül a legkiválóbb területek a 10–16 °C izotermák között helyezkednek el (Oláh, 1979). Szőlőtermesztésre jó közelítéssel az északi szélesség 20. és 50., valamint a déli szélesség 20. és 40. foka között van lehetőség. Ebből a széles földrajzi elterjedésből is látszik, hogy a szőlő jó alkalmazkodóképességekkel rendelkezik, ami nem utolsósorban a széles fajtaválaszték eltérő ökológiai igényeinek is köszönhető (Varga et al., 2007). Történelmi borvidégeinken ettől függetlenül meghatározott szőlőfajták váltak ismertté, keresetté. A viszonylag hűvös, rövid tenyészidőt biztosító területeken rendszerint a korai érésű, gyakran az illatos, fűszeres fajtákat részesítik előnyben, ezzel szemben a napsütésben gazdag, meleg borvidégeken általában azokat a szőlőfajtákat telepítik, melyekkel jól ki tudják használni a hosszú tenyészidő által kínált lehetőségeket. A klíma változása következtében a szőlő egyes fenofázisai korábban következnek be, és a fenológiai fázisok közötti időszakok lerövidülnek (Jones és Davis, 2000). A zsendülés és a termésérés ennek megfelelően hamarabb, magasabb hőmérsékleten játszódik le. Ebből az következik, hogy a borok jellege többé-kevésbé megváltozik. Az érés kori cukortartalom, illetve a bor alkoholtartalma megnő (Bindi et al., 2001; Duchêne és Schneider, 2005); ezzel egyidejűleg a savtartalom csökken, a pH érték viszont emelkedik (Stock et al., 2003). A termésbiztonságot azonban a károsítók fokozott fellépése (DeLucia et al., 2008), az UV-B sugárzás növekvő mértéke (Schultz, 2000), a termőhelyi, illetve talajadottságoktól is függő tápanyagellátási problémák, illetve a mind rendszeresebben fellépő szárazságstressz is veszélyeztetheti, s jöllehet a kis mértékű vízhiány adott esetben kedvező hatású is lehet a minőségre (Bravdo és Hepner, 1987; Carbonneau, 1998), az öntözés kiemelkedő szerepet kaphat.

A szőlő klimatikus termésbiztonsági indikátorai

Bár a Közép-magyarországi Régió egyetlen borvidéket sem foglal magába teljesen, az ország központjában elhelyezkedve három borvidéket (Kunsági, Etyek-Budai, Mátrai) is érint (2. ábra). A Kunsági Borvidékhez több ezer hektár szőlőterület kapcsolódik e régióból, a jóval kisebb Etyek-Budai Borvidéknek mintegy egyharmada is ugyanitt található, s a Mátrai Borvidék néhány kisebb hegyközsége ugyancsak átnyúlik e területre.



2. ábra A Közép-magyarországi régió borvidéki területei

A térség jellemzéséhez három borvidéki kistérség részletes elemzését és összehasonlítását végeztük el. A három kiválasztott terület a ceglédi (Kunsági borvidék), a budaörsi (Etyek-Budai borvidék) és a veresegyházi (Mátrai borvidék) kistérség volt.

A hőmérséklet és a csapadék évközi eloszlása határozza meg alapvetően, hogy egy adott év a kiemelkedő, a jó, a gyengébb, netán a rossz évjáratok közé sorolható a bortermelés szempontjából. Vizsgálatainkban szakértők bevonásával az alábbi klimatikus paraméterek elemzését jelöltük ki célul (zárójelben az index rövidítése és mértékegysége):

- Hasznos hőösszeg (HHÖ, °C)
- Huglin-index (HI, °C)
- 30 °C feletti maximális napi hőmérsékletű napok száma (C30, nap)
- 35 °C feletti maximális napi hőmérsékletű napok száma (C35, nap)
- Tavasz (-1 °C alatti) fagyos napok száma az április elsejét követő időszakban (F1, nap)
- Téli fagyos napok száma (-15 °C, valamint -18 °C alatt, nap)
- *i*-edik leghosszabb aszályos időszak hossza (Aszi, *i*=1, 2, 3; egymást követő 1 mm alatti csapadékú napok száma, nap)
- Csapadékhullámok (egymást követő 5 mm feletti csapadékú napok száma, nap)
- Éves csapadékösszeg (mm)
- Vegetációs időszak csapadékösszege (április 1-től szeptember 30-ig, mm)

Az izotermák által megrajzolt általános határokon belül pontosabban is jellemezhetjük az egyes szőlőtermesztő kistérségeket a hasznos hőösszeg segítségével. A hasznos hőösszeget (HHÖ, °C) úgy számítjuk ki, hogy összeadjuk a vegetációs periódus minden olyan napjára vonatkozó középhőmérsékletének 10 °C fölé eső részét, amelyeken a középhőmérséklet meghaladja a 10 °C-ot (Oláh, 1979). A hasznos hőösszeg alapján az 1. táblázat szerint csoportosíthatjuk az egyes szőlőfajtákat.

A hasznos hőösszeg mellett sort kerítettünk a szakmai körökben ugyancsak elfogadott Huglin-indexek (°C) kiszámítására is, melyet a napi átlaghőmérsékletek és napi maximumhőmérsékletek alapján az alábbi képlet szerint számítottuk (Huglin, 1978):

$$HI = k * \frac{\sum_{Apr.1}^{Szept.30.} \max((T_{\text{átl}} - 10); 0) + \sum_{Apr.1.}^{Szept.30.} \max((T_{\text{max}} - 10); 0)}{2},$$

ahol $T_{\text{átl}}$ jelöli a napi átlaghőmérsékletet, T_{max} a napi maximumhőmérsékletet, a korrekciós tényező (k) pedig a földrajzi szélességtől függő érték, ami 1,02-től (északon a 40° földrajzi szélességtől) 1,06-ig (északon az 50° földrajzi szélességig) változik. A szakirodalom a HI értékek alapján az alábbi (2. táblázat) termőhelyi osztályokat fogadja el.

1. táblázat Szőlőfajták csoportosítása hasznos hőösszeg alapján

Hasznos hőösszeg HHÖ (°C)	Fajtacsoport
690–850 °C	Igen koraiérésű fajták
850–1150 °C	Koraiérésű fajták
1150–1350 °C	Középérésű fajták
1350–1600 °C	Késeiérésű fajták
1600 °C felett	Igen késeiérésű fajták

Forrás: Botos és Hajdu, 2004

2. táblázat Termőhelyi osztályok a HI értékek szerint

Huglin-index (°C)	Termőhelyi osztály
$HI \leq 1500$	Nagyon hűvös
$1500 < HI \leq 1800$	Hűvös
$1800 < HI \leq 2100$	Mérsékelt
$2100 < HI \leq 2400$	Mérsékeltlen meleg
$2400 < HI \leq 3000$	Meleg
$3000 < HI$	Nagyon meleg

Forrás: Tonietto and Carboneau, 2004

Amennyiben a Huglin-index (Huglin, 1978) alapján jelenleg „hűvös” besorolású borvidéki területen a tenyészidőben csupán 1°C-al emelkedik a hőmérséklet, a változás akár kedvező hatású is lehet: lehetővé teszi a fajtaválaszték bővítését, egyes délebbi országokban divatos fajták meghonosítását. A 2°C-os, illetve ezt meghaladó hőmérséklet-emelkedés következtében azonban a borvidéken korábban eredményesen termelt illatos fajták (pl. Szürkebarát, Traminer) jövője kérdésessé válhat (Jones, 2006), mert a felmelegedés miatt a jellegzetes íz és zamatanyagaik nem jutnak érvényre a borban. A Huglin-index felhasználásával készült kalkulációk Európa több borvidékére vonatko-

zóan egybehangzóan azt eredményezik, hogy a területek besorolása a „forró” kategória irányába tolódik el (Battaglini, 2003).

Kistárségek elemzése

Ceglédi kistárség

Az 1961-1990-es referencia-időszakot tekintve a ceglédi kistárségben a középérésű fajták beérésé elég nagy valószínűséggel prognosztizálható, de a késeiérésű, nagyobb hőigényű fajták termesztési feltételei csak középtávon, míg a nagyon kései fajták beérésé csak hosszú távon, a század vége felé várható.

A kistárség adatait elemezve kiderült, hogy a múlt század második felében a vizsgált kistárség a „hűvös kategória” felső harmadában, a „mérsékelt kategória” közelében helyezkedett el, de középtávon már a „mérsékelt” termőhelyi osztály stabil tagjává válik, s e század vége felé már a „mérsékelt meleg” osztály felső harmadába sorolható, megközelítve a „meleg” kategóriát. A hasznos hőösszeg és a Huglin-index növekedése (3. táblázat) hasonló tendenciát mutat, középtávon mérsékelt, hosszú távon erőteljesebb növekedésről számolhatunk be.

3. táblázat A hasznos hőösszeg és a Huglin-index értékei (°C) a referencia-időszakban, illetve a 2021-2050, valamint 2071-2100-es időintervallumra prognosztizálva a RegCM3.1 klíamodell szerint

Kistárség	Időszak	HHÖ (°C)	Huglin-index (°C)
Ceglédi kistárség	1961- 1990	1240	1760
	2021-2050	1433	1960
	2071-2100	1898	2427
Veresegyházi kistárség	1961- 1990	1050	1549
	2021-2050	1216	1721
	2071-2100	1649	2182
Közép-magyarországi régió	1961- 1990	1091	1593
	2021-2050	1265	1776
	2071-2100	1705	2236

A szélsőséges maximális hőmérsékleti értékek káros hatásokat eredményeznek. 30 °C felett gyakorlatilag leáll az asszimiláció, a 35 °C feletti hőmérsékletek már többletenergia felhasználással járnak, nem beszélve arról, hogy a magas hőmérséklet csapadékhiánnyal, erős sugárzással is jár, ami a fürtökben perzselődést, jelentős minőségromlást eredményezhet. A káros hatások kivédése érdekében minden bizonnyal célszerű lesz felülvizsgálni a fajtahasználatot, illetve az agro-és fitotechnikai módszereket.

Ugyanígy kockázati tényező a szélsőségesen hideg napok gyakorisága (*Dunkel és Kozma, 1981*). Téli időszakban a -15 °C hőmérséklet alatti értékek jó néhány szőlőfajtnál jelentős károsodást okozhatnak, és -18 °C alatt a kártétel általánosnak mondható. A késő tavaszi fagyok, már akár a -1 °C -os lehűlések is jelentős termés kiesést okozhatnak. A gyakoriságokat a vizsgált időszakokra együttesen és páronként is összehasonlítva minden esetben szignifikáns különbség mutatható ki ($p < 0,001$).

A 4. táblázat alapján megállapítható, hogy az extrém meleg napok (30 °C feletti maximum-hőmérséklet) száma középtávon mérsékelten, hosszú távon viszont drasztikusan nő a rendelkezésre álló klímaszcenárió alapján a bázisidőszakhoz képest. Még intenzívebb növekedést mutat a 35 °C feletti maximumhőmérsékletű napok száma. Ezen tendenciák kedvezőtlen kockázati tényezőként jelennek meg, egyes fehér boroknál előre vetítik a kedvezőtlen cukor-sav arányok kialakulását, illetve számos nehézséget okozhatnak a szüreti munkák szervezése és a termés feldolgozása terén (Hajdu, 2005; Horváth, 2008).

4. táblázat Extrém hőmérsékletek gyakorisága (nap) a referencia-időszakban, illetve a 2021-2050, valamint 2071-2100-es időintervallumra prognosztizálva a RegCM3.1 klímamodell szerint

Időszak	Napi max 30 °C felett	Napi max 35 °C felett	Napi min -1 °C alatt (rügyfakadást követően)	Napi min -15 °C alatt (téli)	Napi min -18 °C alatt (téli)
Ceglédi kistérség					
1961- 1990	544	73	49	11	3
2021-2050	597	172	18	1	0
2071-2100	1046	557	8	0	0
Veregyeházi kistérség					
1961- 1990	371	22	60	22	4
2021-2050	414	64	27	2	0
2071-2100	899	316	10	0	0
Közép-magyarországi régió					
1961- 1990	420	40	61	17	3
2021-2050	473	100	24	1	0
2071-2100	939	388	9	0	0

Ezzel ellentétben a termésbiztonság szempontjából kedvezőnek mondható a minimumhőmérsékletek alakulása. Míg a bázisul szolgáló időszakhoz képest a kedvezőtlen tavaszi és téli fagyok számában már középtávon jelentős változást észlelünk, hosszú távon már csak némi tavaszi fagykártétellel kell számolnunk.

A csapadékviszonyok elemzésénél fontos mutató az éves lehullott csapadék mennyisége. A szőlő – ellentétben sok más növényvel – mély gyökérzete révén biztonságosabban át tudja vészelni a csapadékhiányos időszakokat, évi csapadékigénye 500-600 mm. A minőséget azonban az is előnyösen befolyásolja, ha ebből a vegetációs időszakra esik 260-320 mm csapadék a megfelelő hajtás- és termésnövekedés biztosítása érdekében. Gond lehet a vegetációs időszakban a tartós csapadékhullámok, illetve a tartós aszályhullámok kialakulása. A csapadékviszonyok elemzése során az 5. táblázat eredményeit kaptuk.

5. táblázat Csapadékmennyiségi átlagok (mm) a referencia-időszakban, illetve a 2021-2050, valamint 2071-2100-es időintervallumra prognosztizálva a RegCM3.1 klímamodell szerint

Időszak	Éves csapadék-összeg (mm)	Vegetációs időszak csapadék-összeg (mm)	1 mm alatti 1. leghosszabb időszak hossza (nap)	1 mm alatti 2. leghosszabb időszak hossza (nap)	1 mm alatti 3. leghosszabb időszak hossza (nap)
Ceglédi kistérség					
1961- 1990	645	301	22,1	16,2	12,3
2021-2050	605	306	25,6	17,8	14,0
2071-2100	639	291	28,0	18,6	12,7
Veresegyházi kistérség					
1961- 1990	743	335	22,0	14,8	11,6
2021-2050	696	342	24,2	16,1	12,2
2071-2100	730	310	24,9	16,9	12,9
Közép-magyarországi régió					
1961- 1990	714	327	22,4	15,6	12,1
2021-2050	656	324	24,5	16,7	13,0
2071-2100	693	298	26,7	17,6	13,5

Mind az éves, mind pedig a vegetációs időszakban lehulló csapadék mennyisége alapvetően kielégíti a szőlő ökológiai igényeit, és ez a megállapítás nem csak a bázisidőszakra, hanem a középtávon és hosszú távon vizsgált időszakokra is érvényes. A csapadék vegetációs időszakban történő eloszlásánál viszont egyértelműen káros tendenciák figyelhetők meg. Az 5. táblázat az évenkénti három leghosszabb aszályos periódus hosszát is tartalmazza (30 év átlagában). A leghosszabb aszályos periódus (egymást követő, 1 mm alatti csapadékú napok maximális száma) mind középtávon, mind hosszú távon egyenletes és határozott növekedést mutat. De a második és harmadik leghosszabb aszályos periódusok átlaga is növekedést jelez. Mivel az aszályos periódusok növekedése a napi átlaghőmérsékletek és maximumhőmérsékletek várható emelkedése mellett fog bekövetkezni, e káros hatások kiegyensúlyozására, a veszteségek mérséklése érdekében úgy a fajtaszerkezet, mind a művelésmód megfelelő módosítása, továbbá az agro- és fitotechnikai műveletek átgondolása szükséges.

Veresegyházi kistérség

A veresegyházi kistérség a Mátrai borvidék nyugati peremvidékéhez tartozik, a korábban bemutatott ceglédi kistérségtől északabbra, enyhén dombos kistérségben (Gödöllői-dombság) helyezkedik el. Itt a korai érésű fajták beérése biztos elsősorban, míg a középerésű fajták termesztési feltétele csak középtávon, a kései, és nagyon kései fajták biztonságos beérése csak hosszú távon, a század vége felé prognosztizálható.

E kistérség Huglin-indikátorait elemezve kiderült, hogy a múlt század második felében a vizsgált kistérség a „nagyon hűvös” és „hűvös” kategóriák határán helyezkedett el, de középtávon már a „hűvös” termőhelyi osztály stabil tagjává válik, s hosszú távon, e század vége felé már éppen átlépi a mérsékelt meleg osztály alsó határát. A hasznos

hőösszeg és a Hugin-index növekedése itt is hasonló tendenciát mutat, középtávon mérsékeltebb, hosszú távon erőteljesebb növekedésről számolhatunk be (3. táblázat).

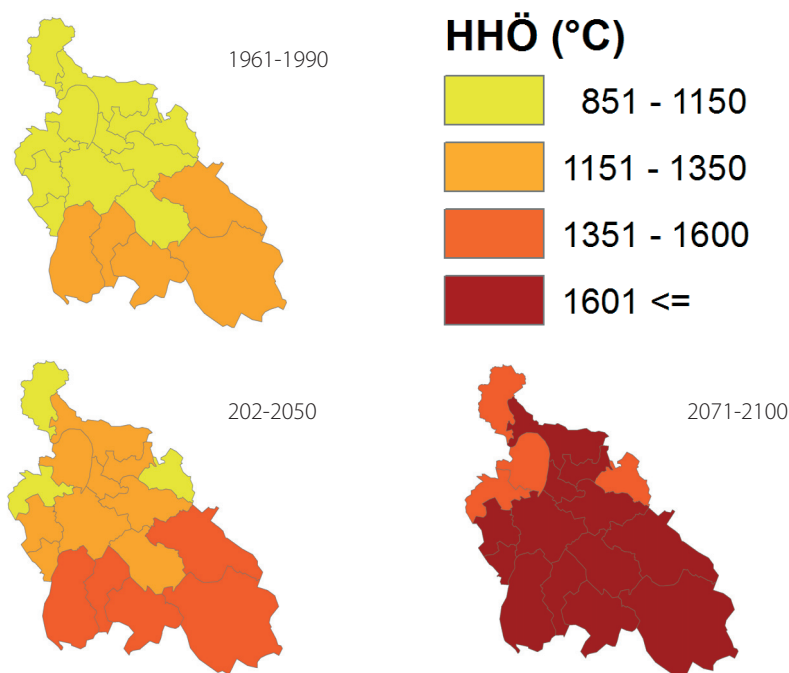
A szélsőségesen meleg napok, a 30 °C és 35 °C feletti napi maximumhőmérsékletek megjelenése alacsonyabb gyakoriságot mutat a bázisidőszakban, ám várható gyakoriságuk növekedése ebben a kistérségben is meglehetősen látványos. A gyakoriságokat a vizsgált három időszerelel egyútesen és páronként is összehasonlítva minden esetben szignifikáns különbség mutatható ki ($p < 0,001$).

A minimumhőmérsékletek alakulása ebben a kistérségben is kedvezőnek mondható. Míg a bázisul szolgáló időszakhoz képest már középtávon jelentős változást észlelünk, hosszú távon már csak némi tavaszi fagykártétellel kell számolnunk.

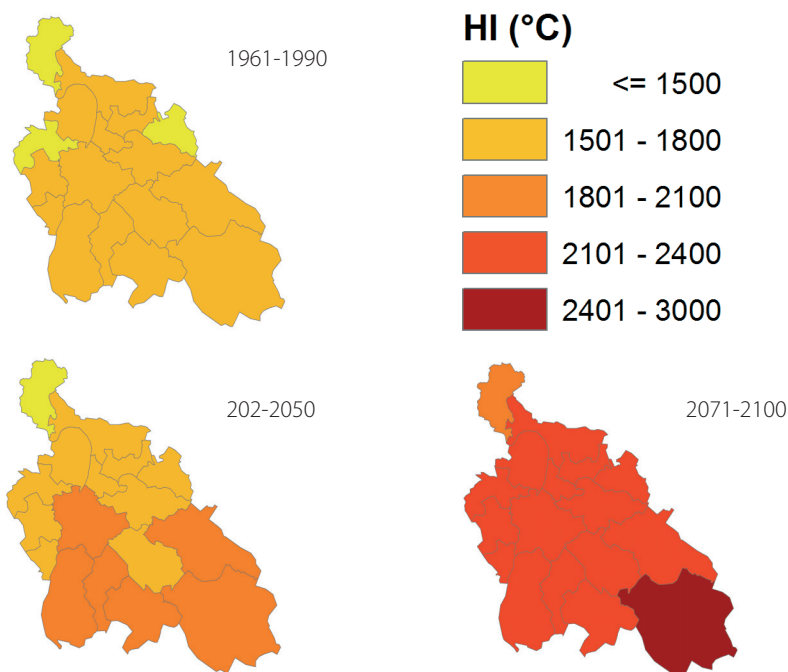
Mind az éves, mind a vegetációs időszakban lehulló csapadék meghaladja a szőlő ökológiai igényének optimális szintjét (5. táblázat).

Budaörsi kistérség

Az Etyek-Budai borvidék több szőlőtermelő térsége is a központi régióhoz tartozik. A budaörsi kistérség klimatikus viszonyai hasonló tulajdonságokkal jellemezhetők, mint a Veresegyházi kistérség, azzal az eltéréssel, hogy egy alacsonyabb átlaghőmérsékletekkel és csapadékhozamokkal számolhatunk. További vizsgálat tárgyát képezhetik, hogy a pezsgő alapborok előállítása szempontjából e kiemelt területen az ökológiai feltételek megváltozása a termés savtartalmának mérséklődését mennyiben befolyásolhatja.



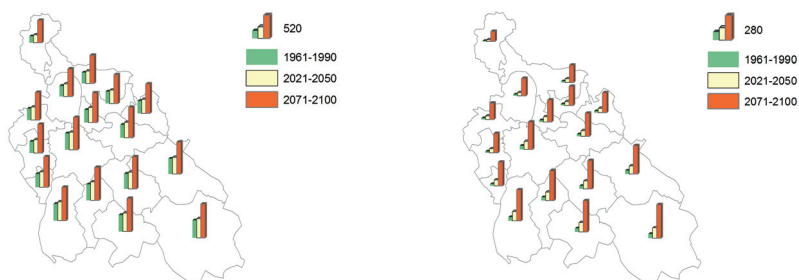
3. ábra Hasznos hőösszegek változása kistérségenként



4. ábra Hugin-index értékek változása kistérségenként

A hasznos hőösszegekre vonatkozó összes kistérségi adatsor értékeit is magába foglaló térképeket az 3. ábrán, míg a Hugin-index változásait tükröző térképeket a 4. ábrán adjuk közre. Megállapítható, hogy a térség minden egyes régiójában, különösen hosszú távon erőteljes hőösszeg-emelkedést prognosztizálnak a Szenárió-adatok. A térség azonban hosszú távon sem válik egyöntetűvé, a ceglédi kistérség továbbra is a legmelegebb régiók közé fog tartozni.

A kiemelkedően magas hőmérsékletű napok változásait az 5. ábrán adjuk közre. Hasonlóan a hőösszegek változási profiljához, az extrém magas hőmérsékletű napok statisztikája is elsősorban hosszú távon mutat kiugróan magas értékeket.



5. ábra Hőszánapok (30 °C feletti napi maximumok) és extrém hőszánapok (35 °C feletti napi maximumok) gyakoriságai a vizsgált időszakokban

A Közép-magyarországi Régió általános szőlészeti értékelése

A Régió együttes jellemzése érdekében mind a 17 kistérségre együttesen átlagolva is elvégeztük ugyanezeket a vizsgálatokat. A 3. táblázatban a számított hasznos hőösszegek alapján látható, hogy a bázisidőszakot tekintve a régió elsősorban a korai fajták beérését garantálja, középtávon már a középérésű fajták, hosszú távon a kései és igen kései fajták termesztésének klimatikus feltételei is megteremtődnek az évszázad második felében várható erősödő felmelegedés miatt. A Régió Huglin-indikátorait elemezve fentiekhez hasonló dinamikájú eredményeket kaptunk.

A szélsőségesen magas hőmérsékletű napok, a 30 °C és 35 °C feletti maximum hőmérsékletek fokozódó megjelenése egyaránt erős növekedést mutat (4. táblázat). A gyakoriságokat a vizsgált három időszetre együttesen és páronként is összehasonlítva minden esetben szignifikáns különbség mutatható ki ($p < 0,001$).

A régió minimum hőmérsékleteit tekintve a változás pozitív, hosszú távon már csak némi tavaszi fagykártétellel kell számolnunk, hozzávetőlegesen három évenként egyszer.

Az éves csapadékszint – egy erőteljesebb csökkenés után mérsékelt növekedést maga után tudva – még mindig biztonságosan kielégíti a szőlő vízigényéhez szükséges mennyiséget.

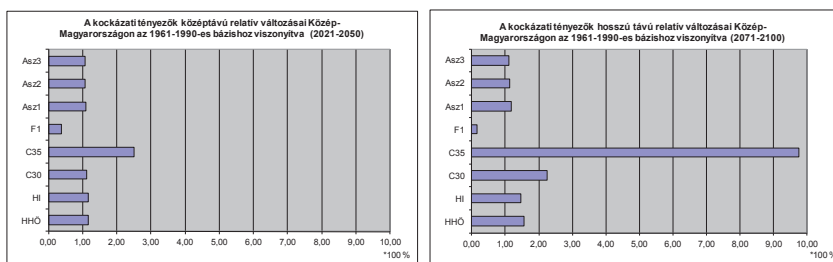
Az egyes kockázati tényezők fenti számítógépes kiértékeléseinek elemzései, valamint az ehhez kapcsolódó szakértői becslések alapján meghatároztuk a szőlőtermesztés termésbiztonsági indexeit (6. táblázat). Páros t-próbával igazolható, hogy mindhárom időszak szignifikánsan különbözik egymástól ($p < 0,001$).

6. táblázat A szőlőtermesztés termésbiztonsági indexei

Kistérség	Időszak		
	1961-1990	2021-2050	2071-2100
1. Aszód	0,61	0,73	0,79
2. Budaörs	0,65	0,76	0,82
3. Budapest	0,67	0,78	0,83
4. Cegléd	0,70	0,79	0,84
5. Dabas	0,69	0,78	0,83
6. Dunakeszi	0,65	0,77	0,82
7. Érd	0,68	0,77	0,83
8. Gödöllő	0,68	0,77	0,82
9. Gyál	0,70	0,79	0,84
10. Monor	0,66	0,75	0,80
11. Nagykáta	0,68	0,78	0,83
12. Pilisvörösvár	0,60	0,75	0,80
13. Ráckeve	0,71	0,79	0,85
14. Szentendre	0,60	0,74	0,81
15. Szob	0,53	0,72	0,80
16. Vác	0,60	0,74	0,81
17. Veresegyháza	0,64	0,75	0,82

A kockázati tényezők középtávú és hosszú távú, relatív változásait tartalmazó összehasonlító diagramokat a 6. ábrán adjuk közre. A termésbiztonsági indexeknek az 1961-1990-es időszakhoz viszonyított relatív változásaiból csupán azokat a tényezőket emeltük ki, amelyek a szőlő minőségi termesztésének klimatikus feltételeit leginkább befolyásolják, és/vagy melyek változásában markáns elmozdulások tapasztalhatók.

Már középtávon pregnánsan jelentkeznek a 35 °C feletti hőségnapok növekedése, ami a teljes időszak végére összességében közel tízszeres gyarapodást mutat. A 30 °C feletti hőmérsékleti napok számának emelkedésében csak a második ciklusban tapasztalunk nagy változást, ez is több mint 100 %-os növekedésnek felel meg. Az aszályos periódusok hosszának átlagos növekedése a század végére a leghosszabb periódusok esetében mintegy 20 %, ez önmagában nem katasztrofális, de mivel 20 nap feletti periódusokról van szó átlagban, a tendenciózus növekedés mindenképpen fajta- és művelésmód-változatok átgondolását teszi majd szükségessé.



6. ábra A kockázati tényezők középtávú relatív változásai Közép-Magyarországon az 1961-1990-es bázisidőszakhoz viszonyítva 2021-2050-ig, valamint 2071-2100-ig

HHÖ: Hasznos hőösszeg (°C); **HI:** Huglin-index (°C); **C30:** 30 °C feletti maximális napi hőmérsékletű napok száma (nap); **C35:** 35 °C feletti maximális napi hőmérsékletű napok száma (nap); **F1:** Tavaszi (-1 °C alatti) fagyos napok száma az április elsejét követő időszakban (nap); **Asz_i:** *i*-edik leghosszabb aszályos időszak hossza (egymást követő 1 mm alatti csapadéku napok száma, nap)

A központi térség adatait elemezve megállapíthatjuk, hogy középtávon, de még inkább hosszú távon javulnak a hasznos hőösszeg, illetve Huglin-értékek, s a korai és középérésű fajták mellett hosszú távon a kései fajták termesztése is lehetővé válhat azokon a területeken, amelyek a „hideg” termőhelyi osztályból a „mérsékelt meleg” termőhelyi osztályba kerülnek. Ugyancsak pozitív hatás a tavaszi és téli fagyok előfordulási valószínűségének már középtávon is érzékelhető drasztikus csökkenése, hosszú távon csaknem megszűnése. Ezzel elvileg lehetővé válik a téli fagyra viszonylag érzékeny fajták (csemegeszőlők) termesztése. Ugyanakkor felhívjuk a figyelmet arra, hogy az akár igen kis valószínűséggel bekövetkező események kártétele is lehet igen magas, melyek pontos becslésére a jelenlegi klímamodellek még nem alkalmasak. A fagykockázat valószínűségének a tanulmányban bemutatott nagymértékű csökkenése továbbra sem teszi feleslegessé a fagytüró fajták kutatását, nemesítését, illetve alkalmazását, különösen az

alacsony fekvésű területeken, valamint az olyan helyeken, ahol a domborzat egy adott helyen kedvez a hideg levegő lesüllyedésének, illetve megrekedésének.

Eredményeink alapján mind mennyiségi, mind minőségi kockázatot jelent a hőségnapok számának drasztikus emelkedése, ami egyrészt a biomassza-növekedést, másrészt a termés sav/cukortartalom mennyiségét, illetve arányát károsan befolyásolhatja. Ennek megelőzése, avagy a károk mérséklése érdekében minden bizonnyal változtatni kell a jelenleg alkalmazott ültetvényszerkezeti kialakításon és a termesztéstechnológián, különös tekintettel a zöldmunkákra és a talajápolás rendszerére. A számított tendenciák alapján arra is fel kell készülni, hogy módosul a borvidékek borainak jellege, stílusa is. Az évjáratok közti különbségek mérséklődhetnek; a borok minőségében az adott év időjárási tényezőinek a kombinációja, illetve a szőlő fenofázisainak a lefolyása is érvényesül. A várható változások adott térségre való jövedője azonban nem egyszerű feladat, mert nem csupán a klíma változásának közvetlen hatásait kell tekintetbe venni, hanem egyúttal az edafikus tényezők, az ültetvényszerkezet és az alkalmazott termesztéstechnológia kölcsönhatásait is.

A vegetációs periódus csapadékelátását értékelve a csökkenés itt is megfigyelhető, de ez az optimális szint egyre jobb megközelítése irányába mutat. Ami viszont hátrányosan érinti a folyamatos és egyenletes növekedés esélyeit, az az aszályos periódusok évi átlagának szisztematikus növekedése, ami az emelkedő átlaghőmérsékletű környezetben egyre romló ariditási tényezőt jelent. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a RegCM3.1 klímamodell a hőmérsékleti illetve a csapadékviszonyok területén az átlagértékek szintjén pozitív (hőmérséklet) vagy semleges (csapadék) prognózist jelez a szőlőtermesztés agroökológiai igényeire vonatkozóan, de a szélsőséges jelenségek (extrém magas hőmérsékletek, aszályos periódusok) gyakoriságának kimutatható növekedése új kockázati tényező, ami az ültetvényszerkezet és a termesztéstechnológia területén új stratégiák kidolgozását teszi szükségessé. A szőlő állókultúra; az ültetvény élettartama kb. 30 – 40 év. Az új telepítéseket ezért a várható változások figyelembevételével célszerű létesíteni.

A szőlőtermesztésben és a borászatban a zónahatár északabbra tolódása várható, miközben a negatív klímahatások, (fagyás, száradás, rothadás, a szőlőtőkék élettartamának csökkenése, a termés és a bor mennyiségi és minőségi romlása) is bekövetkezhet. Ezek részbeni kivédésében megnő a meteorológiai illetve növényvédelmi előrejelzések szerepe. A fajtaszerkezet átalakulása valószínűsíthető. Nagyobb szerephez juthatnak a csemegeszőlő fajták, a kései érésű fajták, valamint a vörösbort adó fajták, továbbá az egyes fajták eltérő genotípusai. Fokozódik az aszály- és téltűrő, ún. klímarezisztens fajták szerepe, jelentősége. A technológiák változtatását az öntözés, a talaj- és növényvédelem, fitotechnikai műveletek, a csapadék hasznosítása, a hűtés általánossá tétele és a munkafolyamatok gyorsítása jelzik. Mindezen hatások összességükben kedvezőek is lehetnek a kínálatra a borpiaci versenyben.

A cseresznyetermesztés termésbiztonsági indexeinek változása

A cseresznye klimatikus évtípusai

A meteorológiai tényezők kiemelt időszakokban történő megfigyeléseit és értékeléseit minden növényfaj esetében külön-külön megtehetjük, és szakértői becsléseken alapuló termésbiztonsági indexeket kapcsolhatunk hozzájuk. Az indexek összegzése, illetve integrálása minden egyes évben egy jól definiált mutatószámot ad. Ezeket a számításokat megfelelő adatbázisok rendelkezésre állása esetén mind időben, mind térben tetszőleges horizontra kiterjeszthetjük. Mindazonáltal az így kialakított integrált termésbiztonsági indexek egy sajátos hiba hordozói lehetnek. Nem veszik figyelembe az egyes meteorológiai tényezők kölcsönhatását, azaz egyszerű additív függvényekkel nem kezelhetők a kölcsönhatások. Egy konkrét példánál maradva más-más hatása van egy csapadékhányos periódusnak hűvös klimatikus évtípus, illetve meleg klimatikus évtípus esetében.

Ezen az alapon a klimatikus tényezők hatásait klimatikus évtípusokba sűrítettük, ahol már lehetőségünk nyílt az egyes tényezők kölcsönhatásainak megfogalmazására is, amit a klimatikus évtípushoz kapcsolt termésbiztonsági mutató értékének ugyancsak szakértői becslésen alapuló megadásával fejezhetünk ki. A cseresznyetermesztés esetében a „normál” (nem speciális) klimatikus évtípuson túl 12 speciális évtípust definiálhatunk, melyeket az alábbi táblázatban adunk közre (7/a, 7/b, 7/c, 7/d táblázat).

A cseresznyetermesztésnek van még egy sajátos kockázati tényezője, ez pedig a szüret időszakában való túlzott csapadékmennyiség miatt bekövetkező repedés, és az ebből fakadó jelentős minőségromlás, termésvesztesség. A túlzott csapadékmennyiségből fakadó veszteségek elsősorban Magyarország nyugati szektorában jelentkeznek, ahol egy adott évben akár 36-48 %-os kiesést is okozhatnak. A túlzott csapadék miatt bekövetkező veszteségek becsléséről, a becsült veszteségek tényleges kárfelmérésen alapuló validálásáról és a repedési veszteségek becslésére kidolgozott eljárásról egy korábbi tanulmányban már beszámoltunk (Szenteleki *et al.*, 2010).

Az általános meteorológiai paraméterek eloszlásán alapuló évtípusok termésbiztonsági adatait eszerint még meg kell szorozni a gyümölcsrepedési kockázatoknál kiszámított százalékos veszteségek 100 %-ra kiegészített értékével is az alábbi módon:

integrált termésbiztonság[%] = klimatikus termésbiztonság[%] * (100 - repedési veszteség[%]).

7/a táblázat A cseresznyetermesztésnél figyelembe vett extrém száraz klimatikus évtípusok és az azokhoz tartozó klimatikus termésbiztonsági indexek

	Extrém száraz és extrém hideg klíma	Extrém száraz és hideg klíma	Extrém száraz és meleg klíma
Áprilisi csapadék	0-15 mm	0-15 mm	0-15 mm
Májusi csapadék	0-25 mm	0-25 mm	0-25 mm
Júniusi csapadék	0-20 mm	0-20 mm	0-20 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,35	0,6

7/b táblázat A cseresznyetermesztésnél figyelembe vett száraz klimatikus évtípusok és az azokhoz tartozó klimatikus termésbiztonsági indexek

	Száraz és extrém hideg klíma	Száraz és hideg klíma	Száraz és meleg klíma
Áprilisi csapadék	15-25 mm	15-25 mm	15-25 mm
Májusi csapadék	25-50 mm	25-50 mm	25-50 mm
Júniusi csapadék	20-40 mm	20-40 mm	20-40 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,75	0,86

7/c táblázat A cseresznyetermesztésnél figyelembe vett csapadékos klimatikus évtípusok és az azokhoz tartozó klimatikus termésbiztonsági indexe

	Csapadékos és extrém hideg klíma	Csapadékos és hideg klíma	Csapadékos és meleg klíma
Áprilisi csapadék	40-100 mm	40-100 mm	40-100 mm
Májusi csapadék	70-180 mm	70-180 mm	70-180 mm
Júniusi csapadék	80-150 mm	80-150 mm	80-150 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,8	1

7/d táblázat A cseresznyetermesztésnél figyelembe vett extrém csapadékos klimatikus évtípusok és az azokhoz tartozó klimatikus termésbiztonsági indexek

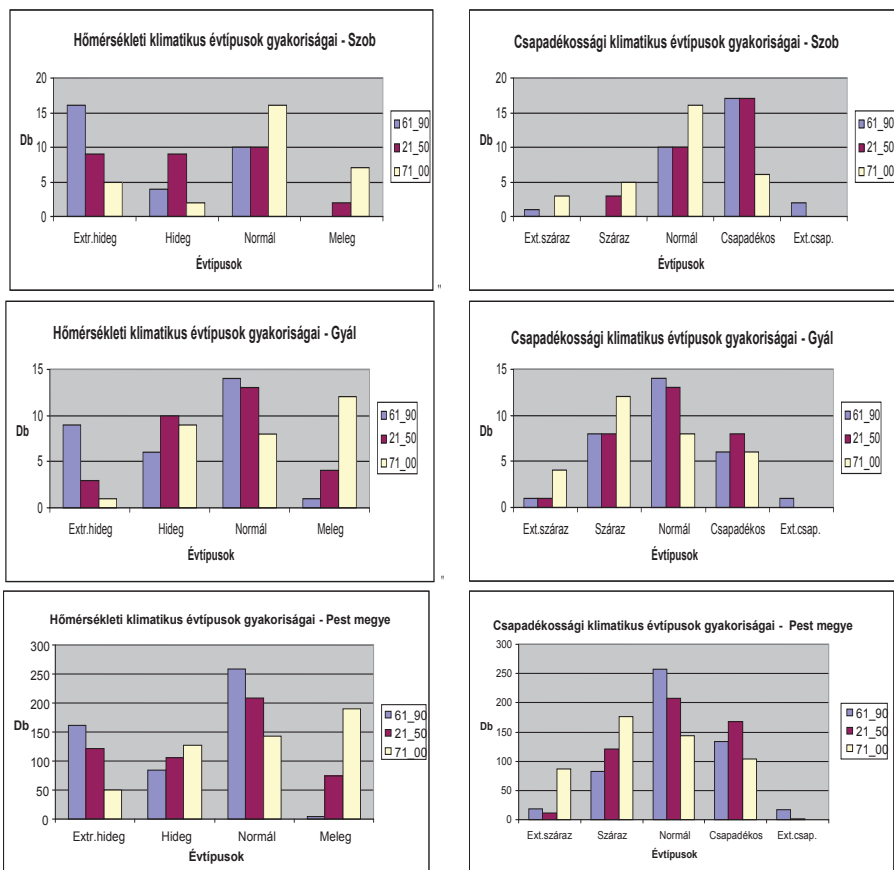
	Extrém csapadékos és extrém hideg klíma	Extrém csapadékos és hideg klíma	Extrém csapadékos és meleg klíma
Áprilisi csapadék	100 mm felett	100 mm felett	100 mm felett
Májusi csapadék	400 mm felett	400 mm felett	400 mm felett
Júniusi csapadék	200 mm felett	200 mm felett	200 mm felett
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok vannak	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok vannak	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,55	0,6

Kistérségek vizsgálata

Minden évre mind a 17 kistérségi referenciapontra meghatároztuk az aktuális klimatikus évtípust, annak termésbiztonságát, illetve külön számítást végeztünk a cseresznyerepedési kockázat értékére, és végül képeztük ezek együttes termésbiztonsági mutatóját.

Első lépésként az 1961-1990-es referencia-időszakban alacsony termésbiztonsági értékekkel rendelkező Szobi kistérség klimatikus viszonyait vizsgáltuk meg, összevetve a középtávú (2021-2050), illetve a hosszú távú (2071-2100) időszak szimulációs eredményeivel. A klimatikus évtípusok változása terén az extrém hideg évtípusok a három időszak összehasonlítása során egyértelmű, határozott csökkenést mutatnak (7. ábra).

A hideg évtípusokra ugyanez nem mondható el, hiszen a hideg évtípusok középtávon majdnem akkora növekedést mutatnak, mint amekkora csökkenést az extrém hideg évtípusok esetén tapasztalhatunk. A hideg évtípusok egyértelmű csökkenése csak a harmadik időszakra (2071-2100) észlelhető. Mivel a hőmérséklet szempontjából normális évtípusok száma az első két időszakban nem változott, és a meleg évtípusok száma sem csökkent, valószínűsíthető, hogy az extrém hideg éveknek az enyhülés hatására bekövetkező megváltozása jelent meg a hideg évtípusok számának emelkedésében.



7. ábra A Szobi és Gyáli kistérségek, valamint Pest megye hőmérsékleti és csapadékosági klimatikus évtípusainak gyakoriságai az 1961-1990-es, a 2021-2050-es, valamint a 2071-2100-as időszakokra vonatkozóan

A harmadik időszakra egyértelműen megjelenő extrém hideg és hideg évtípusok csökkenése a normál és meleg évtípusok számának növekedésében egyaránt pregnánsan megjelenik. Ez két szempontból is jó, egyrészt a szélsőséges évek számának csökkenése a természeti kockázat (terméskiesés) csökkenésével jár együtt, másrészt a meleg évtí-

pusok számának növekedése a minőségi cseresznyetermesztés javuló klimatikus feltételeinek a megvalósulását vetíti előre. Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, az eloszlások szignifikáns változását tapasztalhatjuk ($p < 0,01$). Ezen belül az 1961-1990-es időszakot a 2021-2050-essel összehasonlítva a változás még nem szignifikáns ($p = 0,12$), ám a 2071-2100-as időszak mind az 1961-1990-estől, mind pedig a 2021-2050-estől szignifikánsan eltér ($p < 0,01$; $p < 0,05$, rendre).

A csapadékviszonyok vizsgálatából – ellentétben a hőmérséklet-értékek elemzése során kapott kedvező tendenciákkal – kedvezőtlen hatásokról is be kell számolnunk (7. ábra). Mivel a tenyészidőben szükséges és kívánatos minél egyenletesebb csapadék-ellátottság a minőségi cseresznyetermesztés alapvető feltétele, ezért a tendenciózusan jelentkező szárazodás egy negatív hatás indikátora, másrészt a szüreti időszak túlzott csapadékelátottsága a betakarítás mennyiségi és minőségi eredményeit veszélyezteti.

Az első időszakhoz képest mind az extrém száraz, mind az extrém csapadékos évtípusok a második időszakra eltűntek. Miután az első két időintervallumban sem a normál, sem a csapadékos évtípusok száma nem változott, a második időszakra az extrém száraz és extrém csapadékos évtípusok a száraz évtípusok között jelentek meg. A harmadik időszakra azonban mind az extrém száraz, mind a száraz évtípusok számának tendenciózus növekedése, valamint a csapadékos évtípusok (melyek száma a második időszakra nem változott) drámai csökkenése regisztrálható. Az előnyösen csapadékos évtípusok drámai csökkenése elsősorban a kevésbé csapadékos normál évtípusok számának a növekedésében jelenik meg, ami a klimatikus termesztési feltételek termésbiztonsági értékeiben csökkenést idéz elő. Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, ismét az eloszlások szignifikáns változását tapasztalhatjuk ($p < 0,01$). Ezen belül az 1961-1990-es időszakot a 2021-2050-essel összehasonlítva a változás még nem szignifikáns ($p = 0,57$), ám a 2071-2100-as időszak mind az 1961-1990-estől, mind pedig a 2021-2050-estől szignifikánsan eltér ($p < 0,01$; $p < 0,05$, rendre).

8. táblázat A klimatikus termésbiztonság, a repedési veszteség és az integrált termésbiztonság várható értékei az 1961-1990-es referencia-időszakban és a 2021-2050-es, valamint a 2071-2100-es prognosztizált időszakokban a Szobi kistérségben (kerekített értékek)

Időszak	Klimatikus termésbiztonság	Repedés veszteség	Integrált termésbiztonság
Szobi kistérség			
1961 - 1990	51 %	12 %	44 %
2021 - 2050	66 %	14 %	57%
2071 - 2100	74 %	6 %	69 %
Gyáli kistérség			
1961 - 1990	66 %	7 %	61 %
2021 - 2050	77 %	13 %	67%
2071 - 2100	78 %	6 %	74 %
Pest megye			
1961 - 1990	65 %	5 %	61 %
2021 - 2050	70 %	11 %	62%
2071 - 2100	73 %	5 %	70 %

A klimatikus hatások fő tényezői (hőmérséklet, csapadékeloszlások) mellett a csapadé-
kosság cseresznyerepedésben megjelenő káros hatásait külön mérőszámmal értékel-

tük, s a számítógépes kiértékelések összefoglaló eredményeit a kistérsegekre és Pest megyére vonatkozóan a 8. táblázatban adjuk közre.

A szobi eredményekről összefoglalásként elmondható, hogy a klimatikus feltételek változása révén az általános termésbiztonság – elsősorban az extrém hideg évtípusok számának csökkenése miatt – időszakról időszakra javul.

Az 1961-1990-es referencia-időszakban viszonylag magas termésbiztonsági értékekkel rendelkező Gyáli kistérség klimatikus viszonyainak elemzésekor hasonló, de nem mindenben megegyező eredményekre jutottunk. Összevetve a bázisidőszakkal a középtávú (2021-2050-es), illetve a hosszú távú (2071-2100-es) időszak szimulációs eredményeit, a hőmérséklet változása terén (7. ábra) az extrém hideg évtípusok várható gyakoriságai tendenciózusan csökkennek, ugyanakkor a hideg évtípusok gyakoriságának csökkenése hosszú távon sem állapítható meg, sőt azok kismértékű emelkedését látjuk a mellékelt diagramon. Ez az emelkedés sem ellensúlyozza azonban az extrém hideg évtípusok gyakoriságának várható csökkenését, így összességében ezek együttes csökkenéséről beszélhetünk, ami egyértelműen kedvező folyamat. Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, az eloszlások szignifikáns változását tapasztalhatjuk ($p < 0,01$). Ezen belül az 1961-1990-es időszakot a 2021-2050-essel összehasonlítva a változás még nem szignifikáns ($p = 0,11$), ám a 2071-2100-as időszak mind az 1961-1990-estől, mind pedig a 2021-2050-estől szignifikánsan eltér ($p < 0,001$; $p < 0,1$, rendre).

Ugyancsak pozitív változásnak tekinthető, hogy a normál évtípusok egy része a termesztés szempontjából kedvezőbb klimatikus hatású meleg évtípusokká alakul mind közép-, mind hosszú távon, bár a Szobi kistérséggel ellentétben a normál évtípusok számának csökkenése a termesztési feltételek javulása mellett a szélsőséges (termesztéskockázatot növelő) klimatikus évtípusok számának a növekedését is jelenti. A normál évtípusok számának szobi növekedése, illetve ebben a kistérségben a csökkenése a legalapvetőbb különbség, ami jelentkezik a két összehasonlított kistérség viszonylatában.

A csapadékosági klimatikus évtípusok gyakoriságainak (7. ábra) vizsgálata során lényeges változásra igazán csak hosszú távon számíthatunk, középtávon sem az extrém száraz, sem a száraz évtípusok növekedésében nem tapasztalunk változást, ugyanakkor e két kategóriában hosszú távon erőteljesen megjelenik a gyakoriság növekedése.

Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, az eloszlások szignifikáns változását nem tapasztalhatjuk ($p = 0,29$). Ezen belül az 1961-1990-es időszakot a 2021-2050-essel, valamint a 2071-2100-as időszakot az 1961-1990-essel és a 2021-2050-essel összehasonlítva a szignifikanciaszintek értékei $p = 0,94$; $p = 0,16$ és $p = 0,18$, rendre).

A klimatikus hatások fő tényezői (hőmérséklet, csapadékeloszlások) mellett a csapadékoság cseresznyerepedésben megjelenő káros hatásait e kistérségben is külön mérőszámmal értékeltük (8. táblázat).

A gyáli eredményekkel kapcsolatban itt is elmondhatjuk, hogy a klimatikus feltételek változása révén a klimatikus termésbiztonság – elsősorban az extrém hideg

évtípusok számának csökkenése miatt –döntően az első és második időszak között javul (11 %). Ezt a javulást az ugyanerre az időszakra számított cseresznyerepedési veszteség növekedése (6 %) némiképpen mérsékelte, így összességében csak mintegy 6%-os integrált termésbiztonság-növekedést könyvelhetünk el a második időszakra. A harmadik időszakra vonatkozóan a klimatikus hatások összességükben alig jelentenek pozitív változást (1 %), mert az extrém hideg évtípusok számának csökkenése miatt bekövetkező kedvező hatást gyakorlatilag kiegyenlítik a hideg évtípusok növekedésének, illetve az extrém száraz és száraz évtípusok növekedésének negatív hatásai. Hogy ekkor is várható mintegy 7 %-os integrált termésbiztonság-javulás, az kizárólag a cseresznyerepedések várható visszaszorulásának köszönhető, ami a harmadik időszak csapadékhiányos periódusainak köszönhető. További kockázati tényezőnek tekinthető a normál évtípusok számának visszaszorulása az extrém évtípusokkal szemben. Bár összességében a klimatikus termésbiztonság átlagos javulásáról beszélhetünk, a termésbiztonság fokozódó ingadozásai egyre növekvő kockázatot rejtenek magukban.

A Közép-magyarországi Régió vizsgálata a cseresznyetermesztés szempontjából

A két bemutatásra kiválasztott kistérség elemzése során kapott – részint hasonló, részint pregnánsan eltérő – eredmények alapján megállapítható, hogy egy régió klimatikus termésbiztonságának jellemzéséhez nem elég egy-két mérési pontra legenerált bázis adatsor, illetve klímaszcenárió adatsor kiértékelése, szükség van a térbeli reprezentativitás biztosítására. A címben megfogalmazott közép-magyarországi termésbiztonság feltérképezése érdekében ezért minden kistérség reprezentatív pontjára elvégeztük az elsőként kiválasztott mintaterülethez hasonló kiértékeléseket (9. táblázat). Páros t-próbával igazolható, hogy mindhárom időszak szignifikánsan különbözik egymástól ($p < 0,001$).

A kistérségek együttes értékelése kiküszöböli az egyes térségekben jelentkező lokális hatások téves általánosítását, ugyanakkor összehasonlítási lehetőséget biztosít a térség legmegfelelőbb agroökológiai területeinek kiválasztásához.

Pest megye tizenhét kistérségét együttesen elemezve az extrém hideg évtípusok esetében az átfogó eredmény ugyanazt a határozottan csökkenő tendenciát mutatja, mint amit a két kiválasztott mintaterület esetében is tapasztaltunk (7. ábra). A hideg évtípusok időszakról időszakra történő egyenletes növekedéséről számolhatunk be, de összességében az extrém hideg és hideg évtípusok együttes száma tendenciózusan csökken, s ezen megszűnő évtípusok várhatóan a melegebb, azaz a normál évtípusok számát növelhetik.

Pest megyére vonatkozóan a meleg évtípusok számának a növekedése a legdrasztikusabb, a különbségek minden időszakban egyértelműek.

Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, az eloszlások szignifikáns változását igazolhatjuk ($p < 0,001$), mely páronkénti eloszlás-összehasonlításakor is teljesül ($p < 0,001$).

9. táblázat A cseresznye integrált klimatikus termésbiztonsági indexei a referencia-időszakban (1961-1990), illetve a klímaszcenáriók alapján 2021-2050-re, valamint 2071-2100-ra vonatkozó időszakokra

Kistérség	Időszak		
	1961-1990	2021-2050	2071-2100
1. Aszód	0,62	0,60	0,74
2. Budaörs	0,63	0,72	0,74
3. Budapest	0,70	0,68	0,71
4. Cegléd	0,70	0,73	0,71
5. Dabas	0,68	0,73	0,75
6. Dunakeszi	0,62	0,69	0,73
7. Érd	0,70	0,75	0,70
8. Gödöllő	0,64	0,70	0,76
9. Gyál	0,66	0,77	0,78
10. Monor	0,67	0,64	0,74
11. Nagykáta	0,66	0,68	0,68
12. Pilisvörösvár	0,61	0,69	0,72
13. Ráckeve	0,67	0,76	0,75
14. Szentendre	0,69	0,72	0,74
15. Szob	0,51	0,66	0,74
16. Vác	0,64	0,69	0,73
17. Veresegyháza	0,64	0,67	0,76

Az extrém száraz évtípusok száma a bázisidőszakban elenyésző, de hosszú távon érzékelhető növekedést tapasztalunk (7. ábra). A csapadékos évek átmeneti növekedése, végül jelentős csökkenése prognosztizálható. Az extrém csapadékos évek száma az egész régióban alacsony szinten jelenik meg, s már a második időszakra gyakorlatilag eltűnik a szóba jöhető évtípusok közül.

Összességében Khi-négyzet teszttel összehasonlítva a három időszakot, az eloszlások szignifikáns változását igazolhatjuk ($p < 0,001$), mely páronkénti eloszlás-összehasonlításkor is teljesül ($p < 0,001$).

A központi régióban a klimatikus feltételek fokozatos javulásáról beszélhetünk, amit a klimatikus termésbiztonsági értékek lépcsőzetes növekedése támaszt alá (4. táblázat). Ezt a növekedést azonban középtávon a termésrepedés átmenetileg megnövekvő kockázata gyakorlatilag kiegyensúlyozza. A szárazodás következtében ez a kiegyensúlyozó szerep hosszú távon már nem érvényesül, mert a repedés kockázata visszaáll a kezdeti 5 % körüli értékre. Az integrált termésbiztonsági értékek alakulásánál a központi régiót tekintve középtávon számottevő növekedésről nem beszélhetünk (1%), viszont hosszú távon a klimatikus feltételek javulásának együttes hatására mintegy 8-9 %-os növekedést prognosztizálhatunk a kiinduló bázisidőszakhoz képest.

10. táblázat A klimatikus termésbiztonsági index, a repedési veszteség és az integrált termésbiztonsági index várható értékei és terjedelmei az 1961-1990-es referencia-időszakban és a 2021-2050-es, valamint a 2071-2100-es prognosztizált időszakokban Pest megyében (kerekített értékek)

Időszak	Klimatikus termésbiztonsági index		Repedés veszteség		Integrált termésbiztonsági index	
	várható érték	terjedelem	várható érték	terjedelem	várható érték	terjedelem
1961 - 1990	65 %	19 %	5 %	9 %	61 %	24 %
2021 - 2050	70 %	17 %	11 %	11 %	62%	22 %
2071 - 2100	73 %	10 %	5 %	5 %	70 %	11 %

Hasonló következtetésre jutunk, ha az egyes mutatók várható értékeinek terjedelmeit az összes kistérség együttes figyelembe vétele alapján vizsgáljuk (10. táblázat). Nagyfokú különbségről középtávon itt sem számolhatunk be, a terméskockázat számottevő csökkenésére csak a harmadik időszakban következtethetünk a termésbiztonsági értékek terjedelmének csökkenése alapján.

A meggytermesztés termésbiztonsági indexeinek változása

Magyarországon évente mintegy 60-65 ezer tonna meggy terem, mellyel a világon az előkelő 7. helyen áll. Hazánk világfajtákkal is rendelkezik. Amerikában és Ázsiában is eredményesen termelik a hazánkban nemesített és szelektált meggyfajtákat.

Klimatikus évtípusok és klimatikus termésbiztonság

A cseresznyetermesztéssel foglalkozó fejezetben leírtakhoz hasonlóan a meggytermesztésre is megfogalmaztunk az ún. „normálison” kívül további 12 speciális klimatikus évtípust, melyekhez klimatikus termésbiztonsági indexeket rendeltünk szakirodalmi adatok és szakértői becslések alapján (11/a, 11/b, 11/c, 11/d táblázat).

A termés szüretelése után július végén, de főleg augusztus hónapban történik a virágrügy-differenciálódás, ezért minden esetben az adott év terméskilátásait az előző év nyár végi csapadékviszonyai is befolyásolják. A pusztaszabolcsi kísérleti ültetvényben 8 éves csapadék és rügyképződés együttes megfigyelése alapján elmondhatjuk, hogy amennyiben a fák vízellátottsága augusztusban kedvezőtlen, a virágrügyek mennyisége már ekkor 10-15%-al, extrém esetben akár több mint 20%-al csökkenhet.

11/a. táblázat A meggytermesztésnél figyelembe vett extrém száraz klimatikus évtípusok

	Extrém száraz és extrém hideg klíma	Extrém száraz és hideg klíma	Extrém száraz és meleg klíma
Áprilisi csapadék	0-15 mm	0-15 mm	0-15 mm
Májusi csapadék	0-25 mm	0-25 mm	0-25 mm
Júniusi csapadék	0-20 mm	0-20 mm	0-20 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,4	0,5

11/b. táblázat A meggytermesztésnél figyelembe vett száraz klimatikus évtípusok

	Száraz és extrém hideg klíma	Száraz és hideg klíma	Száraz és meleg klíma
Áprilisi csapadék	15-25 mm	15-25 mm	15-25 mm
Májusi csapadék	25-50 mm	25-50 mm	25-50 mm
Júniusi csapadék	20-40 mm	20-40 mm	20-40 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,82	0,86

11/c. táblázat A meggytermesztésnél figyelembe vett csapadékos klimatikus évtípusok

	Csapadékos és extrém hideg klíma	Csapadékos és hideg klíma	Csapadékos és meleg klíma
Áprilisi csapadék	40-100 mm	40-100 mm	40-100 mm
Májusi csapadék	70-180 mm	70-180 mm	70-180 mm
Júniusi csapadék	80-150 mm	80-150 mm	80-150 mm
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,35	0,92	1

11/d. táblázat A meggytermesztésnél figyelembe vett extrém csapadékos klimatikus évtípusok

	Extrém csapadékos és extrém hideg klíma	Extrém csapadékos és hideg klíma	Extrém csapadékos és meleg klíma
Áprilisi csapadék	100 mm felett	100 mm felett	100 mm felett
Májusi csapadék	400 mm felett	400 mm felett	400 mm felett
Júniusi csapadék	200 mm felett	200 mm felett	200 mm felett
Jún.15-e és júl. 15-e közötti csapadék	30 mm feletti heti csapadékok	30 mm feletti heti csapadékok	30 mm feletti heti csapadékok
Napi minimum Január - Február	-25°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok vannak.	-17°C alatti napok nincsenek
Napi minimum Március - Április	-3°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok vannak.	-1,5°C alatti napok nincsenek
Klimatikus termésbiztonsági index	0,2	0,45	0,5

A klimatikus évtípusok szerinti ún. integrált termésbiztonsági index számításakor az extrém kevés előző évi augusztusi csapadék hatását a következő korrekciós paraméterekkel vettük figyelembe

- ha az előző évi augusztusi csapadék 5 mm alatti, akkor az adott év integrált termésbiztonsági indexe a klimatikus termésbiztonsági index fele;
- míg 20 mm alatti csapadék esetén a 80%-a.

Az eredmények értékelése és következtetések

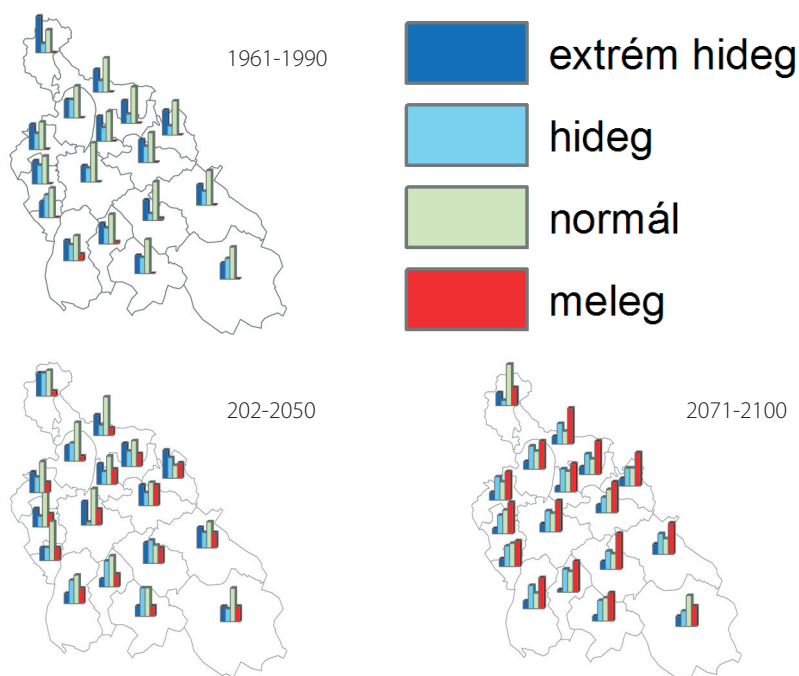
A meggy fejlődésének főbb szakaszaiban meghatározó paraméter-értékek összehasonlítására F- és t-próbákat is alkalmaztunk, melyek közül a 12. táblázatban a termesztés

szempontjából kiemelkedő jelentőségű érdi kistérségbe eső rácspont eredményeit mutatjuk be.

12. táblázat Néhány klimatikus paraméter alakulása a három vizsgált időszakban az Érdi kistérségben (* szignifikáns eltérés $p < 0,05$ mellett az 1961-1990-es bázisidőszakhoz képest)

	Időszak					
	1961-1990		2021-2050		2071-2100	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Évi csapadék (mm)	735,84	113,01	643,21*	121,04	682,72	137,49
Évi átlaghőmérséklet (°C)	9,79	0,77	10,90*	0,72	12,84*	0,79
Márciusi minimum hőmérséklet (°C)	1,39	1,62	2,58*	1,79	4,03*	1,94
Májusi csapadék (mm)	60,07	32,97	64,89	32,91	48,87	30,70
Júniusi csapadék (mm)	49,80	24,87	52,04	37,98*	30,97*	25,45
Júniusi maximum hőmérséklet (°C)	23,81	1,97	24,75	2,49	27,50*	2,31

Az évi átlaghőmérséklet egyértelmű növekedést mutat, mely a sikeres meggytermesztés feltételének tartott 8–10°C-os évi középhőmérsékletet (Mohácsy és Maliga, 1956) az évszázad végére várhatóan meg is haladja (12. táblázat, 8. ábra).



8. ábra A meggytermesztésre definiált, hőmérséklet szerinti évtípusok gyakoriságának változása a Közép-magyarországi régióban a RegCM3.1 klímamodell szerint

A meggy virágzása jelenleg március végétől kezdődik, azonban a márciusi minimum hőmérsékleteknél megfigyelhető melegedés miatt várhatóan korábbra tolódik. Az abszolút

minimum hőmérsékletek vizsgálata alapján megállapítható, hogy márciusban továbbra is előfordulhatnak fagyok, de ezek mértéke és gyakorisága jelenősen lecsökken.

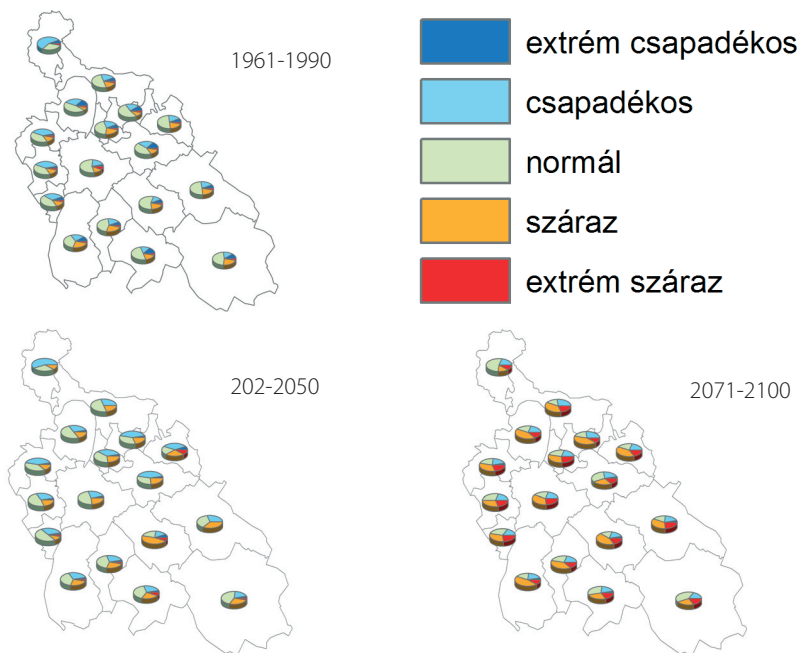
Bujdosó (2006) alapján az érés során a cukrokat és a színanyagokat képző enzimek optimális működéséhez 20-26°C közötti hőmérsékletre van szükség. 27–28°C feletti hőmérsékleti értékeknél az érés szempontjából kedvezőtlen végtermékek képződnek. A júniusi maximum hőmérsékletek alapján az évszázad végén elképzelhető, hogy néhány évben ez problémát okozhat (12. táblázat, 8. ábra).

Meggy esetében meghatározó a téli fagykár is (8. ábra). Vizsgálatunk alapján ezek bekövetkezési valószínűsége a jövőben csökken. A szárazodás ellenben meggyenél azért nem okoz jelentős mértékű kockázatot, mert a termés viszonylag korán, már június-júliusban szüretelhető. Feltételezhető azonban a termésméret csökkenése és a fajták érésidejének rövidülése.

A szakirodalmi adatok alapján (Pór és Faluba, 1982) a meggy évi optimális csapadékgénye 500-600 mm között van. A várható éves csapadékösszegben ugyan jelentős csökkenés várható a bázisidőszakhoz képest, de ez a mennyiség még feltehetően fedezi a meggy igényeit (12. táblázat).

A májusi és júniusi csapadék a termés növekedése szempontjából meghatározó. A májusi csapadék a 2021-2050-es időszakban gyakorlatilag változatlan marad, az évszázad végére némi csökkenést mutat (12. táblázat). A kismértékű csapadékcsökkenés önmagában nem, de a felmelegedéssel együtt már veszélyeztetheti a termés minőségét (Beczner, 2011).

A júniusi csapadék kapcsán az extrém száraz évek gyakoriságának növekedésére kell számítani (9. ábra).



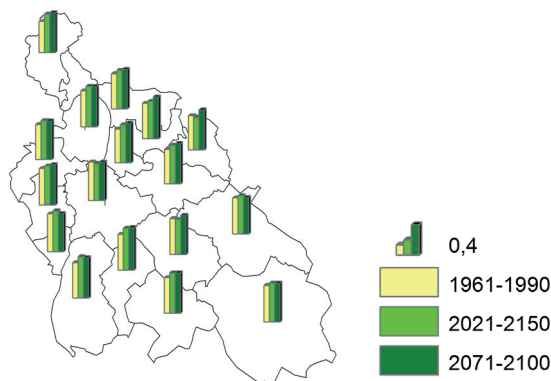
9. ábra A csapadék szerinti évtípusok gyakoriságának változása időszakonként

A vizsgálatban figyelembe vett harminc éves időszakok (1961-1990, 2021-2050 és 2071-2100) minden évét besoroltuk a megfelelő klimatikus évtípusba és kiszámítottuk az integrált termésbiztonsági értékét. Ez alapján megállapítható, hogy a közeljövőben a meggy számára kicsit kedvezőbb klimatikus viszonyok várhatók, az átlagos integrált termésbiztonsági érték nem egyforma mértékben, de szinte minden kistérségben növekedést mutat (13. táblázat, 10. ábra). Ennek oka, hogy a kis hasznossági értékkel rendelkező hideg évtípusok száma csökken, míg elsősorban a száraz meleg évtípus gyakorisága növekszik (8., 9. ábra).

A részletesebb elemzések igazolják a 13. táblázatban látható termésbiztonsági értékek alakulását (Mézes *et al.*, 2011).

13. táblázat A meggytermesztés klimatikus integrált klimatikus termésbiztonsági indexei a referencia-időszakban (1961-1990), illetve a klímaszcenáriók alapján 2021-2050-re, valamint 2071-2100-ra vonatkozó időszakokra

Kistérség	Időszak		
	1961-1990	2021-2050	2071-2100
1. Aszód	0,65	0,62	0,76
2. Budaörs	0,69	0,74	0,76
3. Budapest	0,72	0,70	0,72
4. Cegléd	0,69	0,73	0,73
5. Dabas	0,67	0,76	0,76
6. Dunakeszi	0,63	0,72	0,75
7. Érd	0,72	0,77	0,72
8. Gödöllő	0,65	0,73	0,76
9. Gyál	0,68	0,79	0,81
10. Monor	0,68	0,66	0,74
11. Nagykáta	0,68	0,72	0,69
12. Pilisvörösvár	0,66	0,73	0,72
13. Ráckeve	0,67	0,78	0,76
14. Szentendre	0,68	0,77	0,76
15. Szob	0,59	0,73	0,75
16. Vác	0,66	0,73	0,75
17. Veresegyháza	0,66	0,70	0,79



10. ábra A meggytermesztésre vonatkozó integrált termésbiztonsági értékek változása a Közép-magyarországi Régióban a RegCM3.1 klímamodell szerint

Az évszázad végére a termésbiztonsági értékek néhány kistérségben csökkennek, ami az extrém száraz és meleg, esetenként az extrém száraz és hideg évtípusok megjelenésével magyarázható (8., 9. ábra). A 9. ábra jól szemlélteti az extrém csapadékos évek arányának jelentős csökkenését, valamint az extrém száraz évtípusok gyakoriságának növekedését. Ezért az új ültetvényeknél az öntözési lehetőség megoldására mindenképpen érdemes gondolni.

Összefoglaló következtetések

A hazai szőlő-, meggy- és cseresznyetermesztés évszázados küzdelmet folytat az extrém időjárási jelenségek hatásaival, miközben kielégítette a hazai fogyasztók igényeit, s a külpiacon is megjelentek a hungarikumok, amit a kiváló minőség (méret, alak, szín, sav-, cukor-, vitamintartalom, húskeménység, tárolhatóság, polctartósság stb.) magyaráz. A klímaváltozás hatásainak ellensúlyozásában megnő a termőhely megválasztásának a súlya, az ökotoleranciával és ellenálló képességgel rendelkező fajták, a növényvédelem, az öntözés, a jégeső-elhárítás (rakétákkal, hálókka), a termesztési- és művelési mód, a sor- és tőtávolság megválasztásának, a metszés- és ritkításmód, a koronaformák, valamint a piacokon való megjelenés szerepe.

Mindezen döntések előkészítésében jelentős szerepet játszhatnak az általunk kiszámolt és bemutatott mutatószámok, melyek a Mezőgazdasági Tájiérték Index megalkotásához és kiszámításához országos szinten is kiinduló pontként szolgálhatnak. Segítségükkel megalapozhatók a komplex Nemzeti Alkalmazkodási Indexek is, amelyek a mezőgazdaság, a társadalom és a gazdaság egyéb szektoraiban is iránytűként használhatók a várható változások mértékére, azok hatásainak előrejelzésére. Hozzásegíthetik továbbá a döntéshozókat a szükséges válaszok előkészítésére és megvalósítására.

Köszönetnyilvánítás

Kutatási támogatást nyújtott a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 pályázat.

IRODALOMJEGYZÉK

Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs., Pieczka I., Kardos P. Hunyady A. (2009): Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian basin. *International Journal of Global Warming*, 1 (No.1-2-3.), pp. 238-252.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Haszpra, L., Gelybó, Gy., Kern, A., Hidy, D., Torma, Cs., Hunyady A., Kardos, P. (2007): A klímaváltozás regionális hatásai: a jelenlegi állapot és a várható tendenciák. *Földrajzi Közlemények*. CXXXI. (LV.) kötet, 4. szám, pp. 257-269.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs. (2010): A Kárpát-medencében 2021-50-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM - szimulációk alapján. *Klíma-21* füzetek, 60. szám, pp. 3-13.

Battaglini, A. (2003): Perceptions des changements climatiques par les viticulteurs européens. Le lien de la vigne, Assemblée générale du 4 avril 2003, la viticulture mondiale face à l'évolution du climat. www.vinelink.org/Home/Ang/DefaultAng.htm

Beczner, J. (2011): A meggy élelmiszer-biztonsági kockázata. „KLÍMA-21” Füzetek 64. pp. 162-172.

Bindi, M., Fibbi, L., Miglietta, F. (2001): Free air CO₂ enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy* (14): pp. 145-155.

Botos, E. P., Hajdu, E. (2004): A valószínűsíthető klímaváltozás hatásai a szőlő- és bortermelésre. „AGRO-21” Füzetek, 2004. (34): pp. 61-73.

Bravdo, B.-A., Hepner, Y. (1987): Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. *Proceedings of the Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management. Acta Horti* (206): pp. 49–67.

Bujdosó, G. (2006): Cseresznye- és meggytermesztés intenzitásának növelése növekedést szabályozó alanyokkal. Doktori értekezés, BCE

Carbonneau, A. (1998): Irrigation, vignoble et produits de la vigne. Chapitre IV., *Traité d'irrigation, Aspects qualitatifs*. Paris, Lavoisier, pp. 257–276.

Dalkey, N., Helmer, O. (1963): An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science* 9(3):458-467.

DeLucia, E.H., Casteel, C.L., Nabity, P.D., O'Neill, B.F. (2008): Insects take a bigger bite out of plants in a warmer, higher carbon dioxide world. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105, 1781-1782.

Duchêne, E., Schneider, C. (2005): Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agron. Sustain. Dev.* 24, 93-99.

Dunkel, Z., Kozma, F. (1981): A szőlő téli kritikus hőmérsékleti értékeinek területi eloszlása és gyakorisága Magyarországon. *Léggör* (26) 2. pp. 13-15.

Faragó, T., Láng, I., Csete, L. (2010): Climate Change and Hungary: Mitigating the hazard and preparing for the impacts (The "VAHAVA" report) <http://www.vahavahalozat.hu/node/545>

Hajdu, E., (2005): A fajtapolitika alkalmazkodása az agrometeorológiai viszonyok változásához a szőlő–bor ágazatban. „AGRO–21” Füzetek, 2005. (42): pp. 121-127.

Horváth, Cs. (2008): A szőlő és a klímaváltozás. *Kertészet és szőlészet* 2008. (57) 50, pp.12-15.

Huglin, P.(1978): Nouveau mode d'évaluation des possibilites héliothermiques d'un milieu viticole. *Proceedings of the Symposium International sur l'ecologie de la Vigne*. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Contança, 89–98.

IPCC Fourth Assessment (2007) http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

Jones, G. V., Davis, R. E. (2000): Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.*, (51) 3: pp. 249-261.

Jones, G.V. (2006): Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Win". *Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective*. Macqueen, R.W., and Meinert, L.D., (eds.), *Geoscience Canada Reprint Series Number 9*, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 247.

Láng I., Csete L., Jolánkai M., (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás kiadó ház, Budapest, 2007. 220 pp.

Linstone, A., Turoff, M. (1975): *The Delphi method: Techniques and applications*. Reading, MA: Addison Wesley.

Mézes, Z., Gaál, M., Szabó, Z., Szenteleki, K. (2011): A meggytermesztés feltételei a Közép-magyarországi régióban *Kertgazdaság* (megjelenés alatt)

Mohácsy, M., Maliga, P. (1956): *Cseresznye- és meggytermesztés*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó. 1956.

Oláh, L., (1979): *Szőlészek zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, pp. 38-42.

Pór J., Faluba, Z. (1982): *Cseresznye és meggy*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kirchner, I., Kornblueh, L., Manzini, E., Rhodin, A., Schlese, U. Schulzweida, U., Tompkins, A. (2003): The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I: Model description. *Max Planck Institute for Meteorology Rep.* 349, 127 pp.

Scapolo, F., Miles, I. (2006): Elicitng experts' knowledge: A comparison of two methods. *Technological Forecasting and Social Change* 73: 679-704.

- Schultz, H. R. (2000): „Climate Change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects”. *Austr. J. of Grape and Wine Research*, (6): pp. 2-12.
- Stock, M., Badeck, F., Gerstengarbe W., Kartschall, T., Werner, P. C. (2003): *Weinbau und Klima – eine Beziehung wechselseitiger Variabilität. Terra Nostra*. (6): pp. 422-426.
- Szenteleki, K. (2007): *A Környezet – Kockázat – Társadalom (KLIMAKKT) klímakutatás adatbázis-kezelő rendszerei.* „KLÍMA-21” Füzetek 51: 89-115. (11)
- Szenteleki, K., Bartholy, J., Mézes, Z., Soltész, M., Torma, Cs. (2010): *Klímakockázati adatbázisok a gyümölcsstermesztésben Agrárinformatikai tanulmányok I.*, ISBN 978-963-87366-6-6, Fk: MAGISZ (PP 127-164) Elektronikus változat: ISBN 978-615-5094-01-9
- Tonietto, J., Carbonneau, A. (2004): *A multicriteria climatic classification system for grapegrowing regions worldwide, Agricultural and Meteorology*, 124 (2004) pp. 81-97.
- Torma, Cs., Bartholy, J., Pongracz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F. (2008): *Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. Időjárás*, 112. (No.3-4.) pp. 233-247.
- Torma, Cs., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy J., Pongrácz R. (2011): *Validation of a high resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin., Journal of Hydrometeorology*, (12): pp. 84-100.
- Varga, Z., Varga-Haszonits, Z., Enzsőlné Gelencsér, E., Milics, G. (2007): *Az éghajlati változékonyosság hatása a szőlőtermesztésre. Kertgazdaság*, 2007. 39. (2) pp. 27-34.
- Zanathy, G. (2008): *Gondolatok a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásáról, Agro napló* 2008. (12)2. pp. 92-94.

